



Departamento  
de Engenharia Eletrotécnica

---

# **Desenvolvimento e Projeto de um Sistema de Controlo de Segurança em Processo de Estampagem**

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de  
Mestre em Engenharia Eletrotécnica - Área de Especialização em  
Automação e Comunicações em Sistemas Industriais

Autor

**António José Marques Rodrigues**

Orientadores

**Doutor Fernando José Pimentel Lopes**

**Doutora Dulce Helena Carvalho Coelho**

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Supervisor na Empresa

**Engenheiro Nelson Simões**

EFAPEL, Empresa Fabril de Produtos Elétricos, S.A.

**Coimbra, junho, 2015**



## AGRADECIMENTOS

Ao departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra pelo apoio prestado e condições proporcionadas ao longo desta etapa da minha vida académica.

Aos orientadores de estágio.

À empresa Efapel SA e respetiva Administração, Engenheiro Américo Duarte, pela oportunidade proporcionada de realização deste estágio, pelas condições disponibilizadas ao longo do decorrer do estágio, disponibilizando todos os meios que foram sendo necessários.

A todos os colaboradores da Efapel SA, pela colaboração, disponibilidade, ensinamentos... por toda a ajuda dispensada.

À minha família e amigos, pelo apoio incondicional concedido ao longo da minha vida pessoal e profissional.



## RESUMO

Neste Relatório de Estágio faz-se uma exposição do trabalho desenvolvido durante um estágio enquadrado no Mestrado em Engenharia Eletrotécnica - Área de Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas Industriais do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. O estágio decorreu na Efapel S.A. – Empresa Fabril de Produtos Elétricos, em Serpins – Lousã, integrado nas atividades da equipa de Investigação, Desenvolvimento e Inovação do Processo (IDI Processo).

Na indústria em geral, e na indústria de material elétrico em particular, devido à competitividade crescente, para manter a viabilidade do negócio, as empresas vêm-se obrigadas a procurar soluções que reduzam o custo efetivo dos produtos. Destas soluções fazem parte as que promovem a alteração, afinação ou troca de processos de forma a torná-los mais eficientes, quer do ponto de vista energético, quer do ponto de vista produtivo. Neste relatório são apresentadas e discutidas as atividades desenvolvidas no período de estágio, enquadradas no âmbito dos objetivos da empresa em duas vertentes principais.

Por um lado são descritas as atividades gerais em que o estagiário foi responsável ou em que participou em equipa, no âmbito do melhoramento dos Processos Produtivos, da Eficiência Energética e do Ambiente. Os resultados gerais foram muito positivos, tendo permitido que a empresa se tenha mantido ainda abaixo dos 500 tep apesar do crescimento e da implementação de novos processos com um consumo de energia significativo.

Por outro lado, no âmbito específico da melhoria do processo de estampagem, foi desenvolvido um projeto completo de um Sistema de Controlo e Segurança, que teve como objetivos, projetar, desenvolver, implementar, instalar e testar um sistema dedicado à máquina de estampagem. O sistema devia permitir a vigilância do processo dentro dos parâmetros dados pelo operador e detetar rapidamente falhas, reagindo de forma atempada, evitando assim produção de escória e avaria das ferramentas. O projeto global envolveu projeto de componentes mecânicos, elétricos e eletrónicos, seleção e programação de um PLC, sensores, *encoder* e de uma unidade HMI. O sistema desenvolvido foi concebido e instalado num processo de estampagem progressiva de metais, em prensas progressivas de 80 Ton e de 25 Ton. Na execução deste projeto teve que se considerar as normas e demais legislação aplicáveis à execução e alteração de equipamentos e verificar da sua aplicabilidade ao projeto presente. Foi necessário ainda planear todas as atividades de forma a manter as prensas em produção. A partir da instalação do sistema, nunca mais existiu um erro não detetado na prensa e a eliminação de escória devida a produto não conforme por erro não detetado foi de 100%. Adicionalmente, as paragens por quebra de punções ou danos nas ferramentas diminuiu em 98%. Este era um problema grave que afetava fortemente o custo do produto final e que originava tempos significativos de paragem por avaria.

As atividades desenvolvidas contribuíram para a incessante batalha pela diminuição dos desperdícios e tempos de paragem no plano da produção, que absorvem recursos e penalizam as margens de lucro. Foi ainda assim colmatada a dificuldade em encontrar fornecedores capazes de satisfazer a necessidade deste tipo de sistemas com a qualidade requerida.

**Palavras-chave:** Prensas de pancada, Cortantes, Segurança, Automação, PLC, HMI.



## ABSTRACT

This Internship Report presents and discusses the work developed during an academic internship, a component of the Master in Electrical Engineering - Automation and Communications in Industrial Systems Specialization Area taught at the Coimbra Institute of Engineering. The internship took place at Efapel S.A. – Manufacturing Company of Electrical Products, in Serpins - Lousã, integrated into the activities of the Process Development and Innovation Research Team.

In the industry in general and in the electrical equipment industry in particular, due to increasing competition, to maintain the viability of the business, companies are obliged to seek solutions to reduce the actual cost of the products. These solutions include those that promote the change, adjustment or replacement of processes, to make them more efficient, both from the energetic point of view and the productive point of view. In this report, the internship activities are presented and discussed, in the scope of the company's objectives in two main areas.

On the one hand, the general activities that were the student's responsibility, or where he participated as a team member, in the scope of the improvements in the Productive Process, Energy Efficiency and Environment, are described. The overall results were very positive and allowed the company to remain still below 500 tep, despite the effective growth and the implementation of new processes with significant energy consumption.

On the other hand, in the specific context of improving the metal stamping process, a complete project for a Control and Safety System was developed, which had the objectives of designing, developing, implementing, installing and testing a system dedicated to a metal stamping machine. The system should allow monitoring of the process within the parameters given by the operator, to quickly detect failures and reacting in a timely manner, and thus avoiding the production of spoilage and the breakdown of tools. The overall project involved the design of mechanical, electrical and electronic components, selection and programming of a PLC, sensors, encoder and an HMI console. The developed system has been designed and installed in a process of progressive metal stamping, in 80 ton and 25 ton presses. The project had to consider and verify the applicability of the rules and laws that regulate the construction and modification of equipments. It was also necessary to plan all activities in order to maintain the presses in production. From the installation of the projected system, never again an undetected error in the press occurred, and the elimination of slag due to non-conforming product by undetected error was 100%. In addition, stops due to breaking punctures or damage to the tools decreased by 98%. Before this project, this was a serious problem that greatly affected the cost of the final product and that originated significant stop times due to faults.

The developed activities contributed to the endless battle for the reduction of waste and downtime on the production plans, which absorb resources and penalize the profit margins. In addition, the difficulty in finding suppliers able to meet the need of systems such as the developed press safety system, with the required quality, has also been solved.

**Keywords:** Punching Presses, Cutting, Safety, Automation, PLC, HMI. Finally,

---

**ÍNDICE**

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>i</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABREVIATURAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>ACRÓNIMOS.....</b>	<b>xii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. EMPRESA, PROCESSOS E ATIVIDADES GERAIS .....</b>	<b>5</b>
2.1 Organização da Empresa.....	8
2.2 Breve Descrição dos Processos da Efapel.....	10
2.2.1 Injeção de Plásticos.....	11
2.2.2 Estampagem de Metais.....	15
2.2.3 Tratamento de Superfície.....	19
2.2.4 O Processo de Pintura .....	21
2.2.5 O Processo de Impressão.....	21
2.2.6 O Processo de Rebitagem .....	22
2.2.7 O Processo de Roscagem .....	23
2.2.8 O Processo de Produção de Eletrónicos .....	24
2.2.9 O Processo de Montagem.....	26
2.2.10 O Processo de Embalagem .....	26
2.3 Ambiente e Eficiência Energética na Efapel .....	27
2.3.1 Ambiente.....	27
2.3.2 Eficiência Energética .....	28
2.4 Atividades gerais no âmbito da Equipa de IDI Processo.....	29
<b>3. PROJETO DE UM SISTEMA DE CONTROLO DE SEGURANÇA -</b>	
<b>ESPECIFICAÇÕES .....</b>	<b>33</b>
3.1 Motivação, enquadramento e calendarização .....	33
3.2 Tipo de cortantes usados e sensores associados.....	39
3.3 Ciclos temporais dos sinais dos detetores.....	41
3.4 Características temporais de um erro.....	45
3.5 Modos de paragem da prensa.....	47
3.6 Especificações gerais e parâmetros na HMI.....	47



---

<b>4. PROJETO DE UM SISTEMA DE CONTROLO DE SEGURANÇA - IMPLEMENTAÇÃO .....</b>	<b>49</b>
4.1 Layouts e menus na HMI .....	49
4.1.1 Hierarquia dos menus:.....	51
4.1.2 Menu Principal.....	52
4.1.3 Menu Curvas .....	53
4.1.4 Menu Receita .....	55
4.1.5 Menu Alarmes .....	58
4.2 Ligação elétrica à Prensa.....	59
4.3 Seleção do PLC e especificação de entradas e saídas .....	61
4.4 Quadro de comando.....	63
4.5 Desenhos das peças mecânicas de apoio .....	71
4.6 Fluxograma do software a implementar em PLC. ....	72
4.7 Testes e validação.....	81
<b>5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>83</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>88</b>
Anexo I - Programa Implementado no PLC .....	88
Anexo II - Datasheet do Encoder utilizado .....	117

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.1 Prensa Progressiva .....	3
Figura 2.1 UPS Edifício 1 .....	5
Figura 2.2 UPS Edifício 2 .....	5
Figura 2.3 UPS Edifício 3 .....	5
Figura 2.4 UPA Edifício 1 .....	5
Figura 2.5 Exemplos de produtos fabricados na unidade UPS da Efapel .....	7
Figura 2.6 Exemplos de produtos fabricados na unidade UPA da Efapel .....	7
Figura 2.7 Diagrama dos departamentos de apoio à produção da UPS – Efapel .....	8
Figura 2.8 Diagrama dos departamentos de apoio à produção da UPA - Efapel.....	9
Figura 2.9 Esquema de funcionamento de uma máquina de injeção .....	11
Figura 2.10 Granulado plástico .....	11
Figura 2.11 Silo de Secagem .....	12
Figura 2.12 Representação gráfica de um cilindro de uma máquina injeção de plásticos ....	12
Figura 2.13 Fotografia das zonas iniciais de um fuso de injeção.....	13
Figura 2.14 Esquema da zona da câmara de injeção onde se encontra o bico .....	14
Figura 2.15 Molde de Injeção .....	14
Figura 2.16 Princípio da conformação por estampagem.....	16
Figura 2.17 Prensa (à esquerda) e ferramenta/cortante .....	16
Figura 2.18 Prensa Excêntrica .....	16
Figura 2.19 Prensa de fricção .....	17
Figura 2.20 Prensa Hidráulica .....	17
Figura 2.21 Cortante aberto com as matrizes expostas .....	18
Figura 2.22 Parte inferior de um cortante com a fita metálica conformada nos diversos passos de execução .....	18
Figura 2.23 Fitas metálicas com conformações de diversos passos da estampagem.....	18
Figura 2.24 Tina de tambor rotativo para galvanoplastia .....	20
Figura 2.25 Pintura automática por <i>robot</i> (Sistema da Efapel).....	21
Figura 2.26 Cabeça de impressão a laser <i>Trumph</i> .....	22
Figura 2.27 Rebitadora manual .....	23
Figura 2.28 Rebites.....	23
Figura 2.29 Máquinas de furar e roscar em automático (equipamento da Efapel) .....	23
Figura 2.30 Alimentadores vibratórios rotativos .....	24
Figura 2.31 Equipamento <i>Screen Printer</i> .....	24
Figura 2.32 Equipamento <i>Loader</i> .....	25
Figura 2.33 Equipamento de <i>Pick &amp; Place</i> .....	25

Figura 2.34 Forno de convecção para soldadura SMD .....	25
Figura 2.35 Dispensadores de um posto de trabalho (à esquerda) e esquema de uma linha de montagem (à direita) .....	26
Figura 2.36 Máquina de embalar tipo <i>Flow-Pack</i> .....	26
Figura 3.1 Tira metálica em deslocamento para a próxima estação de trabalho antes do fecho da ferramenta.....	36
Figura 3.2 Ferramenta fechada com componente acabado.....	36
Figura 3.3 Diagrama de movimento de uma Prensa.....	37
Figura 3.4 Diagrama interligação entre a prensa e os quadros de controlo e de comando ...	37
Figura 3.5 Aplicação lateral de detetor em cortante .....	40
Figura 3.6 Aplicação de detetor no topo do cortante.....	40
Figura 3.7 Diagrama temporal dos sinais de saída dos detetores do cortante.....	41
Figura 3.8 Diagrama temporal do sinal de saída do detetor do cortante .....	42
Figura 3.9 Diagrama temporal do sinal de saída do detetor do cortante .....	42
Figura 3.10 Diagrama temporal do sinal de saída do detetor do cortante .....	43
Figura 3.11 Diagrama temporal do sinal de saída do detetor do cortante .....	43
Figura 3.12 Diagrama temporal dos sinais de saída dos detetores do cortante e representação do intervalo de vigilância do erro .....	45
Figura 3.13 Diagrama temporal do sinal de saída do detetor do cortante e representação do intervalo de vigilância do erro.....	46
Figura 3.14 Diagrama temporal do sinal de saída do detetor do cortante e representação do intervalo de vigilância do erro.....	46
Figura 4.1 Diagrama representativo da hierarquia dos menus criados na HMI.....	51
Figura 4.2 Menu Principal da HMI.....	52
Figura 4.3 Imagem de uma Pinça de Soldadura <i>Bihler</i> .....	53
Figura 4.4 Menu das curvas da HMI .....	53
Figura 4.5 Parametrização das curvas representadas no <i>Trends</i> da área superior do Menu das curvas da HMI.....	54
Figura 4.6 Parametrização das curvas representadas no <i>Trends</i> da área inferior do Menu das curvas da HMI.....	54
Figura 4.7 Menu Receita da HMI .....	55
Figura 4.8 Menu Receita da HMI – exemplo de parametrização.....	56
Figura 4.9 Menu Receita da HMI – Gravar receita .....	56
Figura 4.10 Menu Receita da HMI – Ler receita .....	57
Figura 4.11 Menu Receita da HMI – Apagar receita .....	57
Figura 4.12 Menu Alarmes da HMI .....	58
Figura 4.13 Lista de Alarmes da HMI e variáveis de ligação ao PLC .....	58

Figura 4.14 Folha 7 do Esquema Elétrico da prensa <i>Legnani</i> – Indicação da ligação do contacto que comanda a paragem imediata da máquina .....	60
Figura 4.15 Folha 7 do Esquema Elétrico da prensa <i>Legnani</i> – Indicação da ligação do contacto que comanda a paragem da máquina no ponto morto superior .....	60
Figura 4.16 PLC <i>Siemens S7-200</i> .....	61
Figura 4.17 <i>Encoder Lika I58S</i> .....	61
Figura 4.18 Fotografia da montagem do quadro de controlo .....	64
Figura 4.19 Fotografia do interior do quadro de comando .....	64
Figura 4.20 Folha 1 (de face) do Esquema Elétrico do quadro de controlo .....	65
Figura 4.21 Folha 2 do Esquema Elétrico do quadro de controlo .....	66
Figura 4.22 Folha 3 do Esquema Elétrico do quadro de controlo .....	67
Figura 4.23 Folha 4 do Esquema Elétrico do quadro de controlo .....	68
Figura 4.24 Folha 5 do Esquema Elétrico do quadro de controlo .....	69
Figura 4.25 Folha 6 do Esquema Elétrico do quadro de controlo .....	70
Figura 4.26 Vista 3D do sistema de apoio mecânico do <i>encoder</i> na prensa .....	71
Figura 4.27 Fluxograma genérico do programa a implementar no PLC .....	73
Figura 4.28 Fluxograma pormenorizado do programa do PLC – pág. 1 .....	74
Figura 4.29 Fluxograma pormenorizado do programa do PLC – pág. 2 .....	75
Figura 4.30 Fluxograma pormenorizado do programa do PLC – pág. 3 .....	76
Figura 4.31 Fluxograma pormenorizado do programa do PLC – pág. 4 .....	77
Figura 4.32 Fluxograma pormenorizado do programa do PLC – pág. 5 .....	78
Figura 4.33 Fluxograma pormenorizado do programa do PLC – pág. 6 .....	79
Figura 4.34 Fluxograma pormenorizado do programa do PLC – pág. 7 .....	80

**ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 3.1	Calendarização das fases do projeto .....	38
Tabela 3.2	Detetores existentes por cortante .....	39
Tabela 3.3	Tipos de funcionamento dos detetores por cortante .....	44
Tabela 4.1	Simbologia utilizada para parametrização nos menus da HMI .....	50
Tabela 4.2	Lista de Entradas e Saídas no PLC .....	62
Tabela 4.3	Lista do material a utilizar .....	63

## ABREVIATURAS

CAS	“Comissão para o Ambiente e Segurança”
CO <sub>2</sub>	“Dióxido de Carbono”
DL	“Decreto-lei”
DST	“Descarregador de Sobretensão”
HMI	“Human Machine Interface”
NP	“Norma Portuguesa”
PC	“Personal Computer”
PLC	“Programmable Logic Controller”
PMS	“Ponto Morto Superior (refere-se à posição de paragem na posição superior de uma prensa) ”
R-TV	“Rádio e Televisão”
SGCIE	“Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia”
SMD	“Surface Mounted Device”
UPA	“Unidade Produtiva do Alto do Padrão”
UPS	“Unidade Produtiva de Serpins”
UV	“Ultra Violeta”
VEV	“Variador Eletrónico de Velocidade”
YAG	“Yttrium Aluminium Garnet (Granada de ítrio e alumínio) (tipo de díodo) ”

## ACRÓNIMOS

ISEC	“Instituto Superior de Engenharia de Coimbra”
MEE	“Mestrado em Engenharia Eletrotécnica”
RohS	“ <i>Restriction of Certain Hazardous Substances</i> ”

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria de material elétrico (assim como qualquer outra a nível mundial) tem concentrado esforços, nos últimos anos, no lançamento de produtos cada vez mais modernos, leves, seguros e com preços cada vez mais competitivos. Desta forma, a margem de lucro surge cada vez mais esmagada dado que atualmente é o mercado (e não a empresa) que estabelece o preço que se dispõe a pagar pelos produtos. Assim, e para manter a viabilidade do negócio, as empresas vêem-se obrigadas a procurar soluções que reduzam o custo efetivo dos produtos de forma a manter as margens de lucro desejadas.

Destas soluções fazem parte a alteração/afinação ou troca de processos de forma a torná-los mais eficientes, quer do ponto de vista energético, quer do ponto de vista do processo produtivo.

Ao nível do aumento da eficiência energética a Efapel desenvolve permanentemente ações de melhoria do desempenho energético dos seus sistemas. Dentro destas atividades encontram-se algumas em que o estagiário foi diretamente envolvido durante o estágio (descritas nas Secções 2.3 e 2.4 do presente documento) das quais se destacam, pelo seu impacto no consumo energético: a substituição da iluminação fluorescente tubular tipo T8 por outra tipo T5 na área da Injeção Plástica, baixando simultaneamente a altura de instalação de todo o sistema de iluminação ambiente o que permitiu uma redução substancial no número de luminárias necessárias no local; a substituição dos telhados dos edifícios mais antigos por sistemas em painel *sandwich* com maior eficiência energética e acústica; a substituição de máquinas de Injeção mais antigas por outras mais recentes; a implementação de um sistema de controlo automático do funcionamento das torres de refrigeração de água e das bombas de pressurização de água para as máquinas de injeção; o isolamento térmico das câmaras das máquinas de injeção.

Ao nível do processo produtivo, uma das vertentes da procura da excelência na eficiência consiste na pesquisa de processos com cadências elevadas e custos de funcionamento baixos.

Outra das “frentes de ataque” no âmbito do processo produtivo consiste na luta permanente por taxas de anomalias e de avarias zero, levando à investigação e desenvolvimento de sistemas que apoiem ou alterem os processos de produção existentes tornando-os mais fiáveis e robustos. Neste contexto é fundamental um eficiente e eficaz sistema de manutenção.

A Efapel dispõe de diversos processos produtivos que lhe permitem o fabrico dos componentes e respetiva montagem de forma a realizar os produtos finais que são posteriormente disponibilizados aos clientes. Tudo se inicia com a produção de componentes: plásticos através do processo de Injeção Plástica e metálicos através do

processo de Estampagem Metálica. Posteriormente alguns dos componentes metálicos são sujeitos a tratamento de superfície e a outras operações de transformação como seja, por exemplo, a Roscagem e os componentes plásticos são sujeitos a processos de impressão. De seguida são segregados por tipo e enviados para o processo de Montagem, onde se efetua a assemblagem final do produto. Estes produtos são posteriormente embalados e armazenados até serem expedidos.

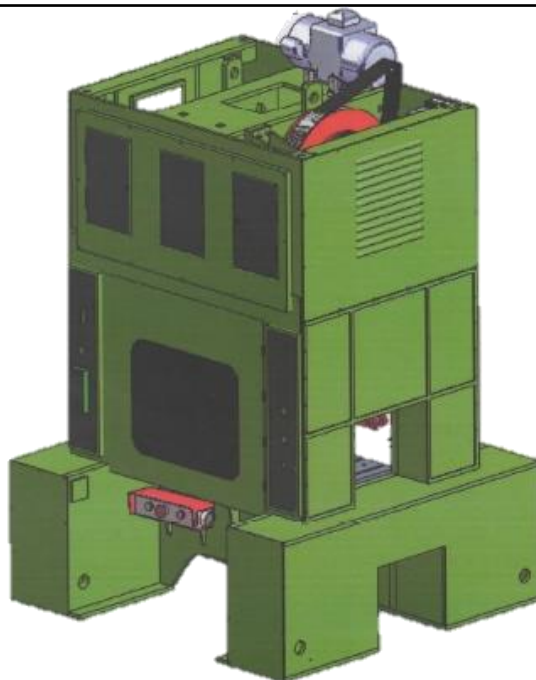
O período de estágio coincidiu com uma fase em que a empresa concentrou esforços no processo de Estampagem Metálica, sendo por isso no âmbito deste processo que se focou a atividade principal do estagiário no período de estágio e também, como consequência, o processo específico a que é dado maior destaque na elaboração deste relatório.

A Efapel dispõe de diversas máquinas de estampagem das quais cinco são equipamentos com alguns anos (mais de 12 anos) e cuja tecnologia não permite uma deteção eficiente das falhas, levando a custos significativos resultantes da paragem para manutenção das ferramentas e da necessidade da escolha posterior das peças devido à produção defeituosa não detetada e que, se não for previamente segregada, dará depois origem a produto final deficiente. Desta forma a empresa começou a preocupar-se em implementar uma forma de evitar tais custos relativos a desperdício que não acrescenta valor ao produto e que o cliente não está, evidentemente, disposto a pagar.

No âmbito da equipa de Investigação, Desenvolvimento e Inovação do Processo, o estagiário foi responsável pelas atividades de planeamento e desenvolvimento num projeto que teve como objetivo desenvolver um sistema dedicado à máquina de estampagem que permita a vigilância do processo dentro dos parâmetros dados pelo operador e que detete rapidamente falhas, reagindo de forma atempada, evitando assim produção de escória e mesmo a avaria das ferramentas. Este trabalho foi considerado o de maior relevância e é o alvo de maior desenvolvimento e descrição no presente documento.

O processo e as máquinas que são o objeto deste trabalho consistem na Estampagem Progressiva de Metais através do uso de Prensas Progressivas (no nosso caso duas máquinas de 80 Ton cada e uma de 25 Ton, todas de marca LEGNANI). Na Figura 1.1 apresenta-se uma ilustração de uma máquina deste tipo instalada e em produção na Efapel [25].





**Figura 1. 1 – Prensa Progressiva [25]**

O presente documento encontra-se organizado em 4 capítulos.

No presente capítulo, Capítulo 1, faz-se uma pequena introdução à empresa e aos seus objetivos globais, enquadrando os objetivos específicos das atividades realizadas no período de estágio com o ambiente industrial em que se inseriram.

No Capítulo 2 desenvolve-se uma apresentação detalhada da empresa e dos seus processos produtivos. Descrevem-se os processos de Injeção de Plásticos, de Estampagem de Metais, de Tratamento de Superfície, de Pintura, de Impressão, de Rebitagem, de Roscagem, de Produção de Eletrónicos, de Montagem e de Embalagem. É dada especial atenção ao processo de Estampagem dada a sua relevância para o projeto específico apresentado no Capítulo 3 e no Capítulo 4. Também no Capítulo 2, é apresentado um resumo das atividades em que o estagiário foi responsável ou em que participou em equipa, no âmbito do melhoramento dos Processos Produtivos, da Eficiência Energética e do Ambiente (Secções 2.3 e 2.4).

No Capítulo 3 e no Capítulo 4 apresenta-se em pormenor o projeto específico de um Sistema de Controlo e Segurança para o Processo de Estampagem, que foi a atividade principal desenvolvida durante o estágio.

No Capítulo 3 são definidas as especificações do projeto tendo em conta os objetivos e uma análise do funcionamento da máquina. É apresentada a motivação para o projeto e a legislação e normas que devem ser consideradas no seu desenvolvimento. São identificadas as tarefas elementares a realizar e é efetuada uma calendarização de atividades, tendo em conta que a máquina se deverá manter em produção durante o período de desenvolvimento do projeto. São identificados os tipos de cortantes e de sensores e são

definidos os ciclos temporais para os vários tipos de funcionamento e respetivos sinais dos detetores. São ainda estudadas as características temporais dos erros e os modos de paragem da peça. As especificações funcionais são concretizadas através da definição dos parâmetros e menus de configuração a programar na HMI (*Human Machine Interface*) do operador.

No Capítulo 4 é apresentada a seleção de equipamentos e a implementação detalhada do projeto. São desenhadas e produzidas as peças mecânicas de suporte e apresentadas as ligações elétricas da prensa. Para o sistema de controlo e monitorização são definidas as entradas e saídas e selecionado o PLC (*Programmable Logic Controller*) a utilizar, incluindo a escolha e parametrização de uma unidade HMI, com os respetivos desenho e implementação dos *layouts* e menus. É apresentado o projeto e descrita a implementação de um quadro elétrico de comando. Finalmente, é descrita e justificada a estrutura do *software* desenvolvido para o PLC sendo ainda apresentados os testes de validação efetuados.

No Capítulo 5 apresenta-se uma breve conclusão sobre os trabalhos desenvolvidos durante o estágio, uma reflexão sobre o seu enquadramento nos objetivos da empresa, assim como perspetivas de desenvolvimentos futuros.

No Anexo I incluem-se pormenores da implementação como sejam o código de programação do PLC e da HMI, enquanto no Anexo II se inclui o *datasheet* do *encoder* utilizado.

## 2. EMPRESA, PROCESSOS E ATIVIDADES GERAIS

Com capitais exclusivamente portugueses, a Efapel foi fundada em 1978 e é constituída por uma equipa com aproximadamente 300 colaboradores distribuídos por 3 unidades industriais com uma superfície total de 18.750m<sup>2</sup>.



**Figura 2. 1 - UPS Edifício**



**Figura 2. 2 - UPS Edifício 2**



**Figura 2. 3 - UPS Edifício 3**



**Figura 2. 4 - UPA Edifício 1**

A empresa encontra-se sediada em Serpins, a 30 Km de Coimbra, e conta com uma localização privilegiada no Centro de Portugal, permitindo despachar de um modo rápido e eficaz as encomendas dos clientes quer para o Norte, quer para o Sul do país.

A Efapel, S.A. é uma empresa certificada segundo as normas NP EN ISO 9001 (Gestão da Qualidade), NP EN ISO 14001 (Gestão Ambiental) e OHSAS 18001 / NP 4397 (Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho).

O seu mercado comporta, além de Portugal, mais de 45 países de todo o Mundo, estando presente nos quatro cantos do mundo (Alemanha, França, Rússia, Bélgica, Holanda, Grécia, Singapura, Vietname, México, Costa Rica, Argentina, Chile, Perú, Angola, Cabo Verde, Moçambique.)

No seu "*core business*" a Efapel desenvolve e fabrica produtos de qualidade para instalações elétricas de baixa tensão (Aparelhagens de Embeber, Estanques e Salientes, Calhas Técnicas, Som Ambiente, DVI (Dados, Voz e Imagem) e Aparelhagem Modular para Quadros Elétricos).

As equipas de Investigação, Desenvolvimento e Inovação dedicam-se à pesquisa, conceção e desenvolvimento de soluções que melhor correspondam às necessidades dos Clientes, tendo em mente três princípios orientadores:

- Boa relação Qualidade/Preço;
- Facilidade e Rapidez de Instalação;
- Segurança e Conforto para o utilizador.

O compromisso com o cliente assenta em três pilares que desde sempre regeram a política da Efapel: o Produto (conceber e fabricar produtos de Qualidade que correspondam às necessidades e expectativas dos clientes), o Serviço (Servir o Cliente do modo mais rápido e eficaz) e a melhor relação Qualidade/Preço. Pretende, assim, ser reconhecida pela competitividade, fiabilidade dos produtos e eficiência dos serviços que presta aos clientes [5].

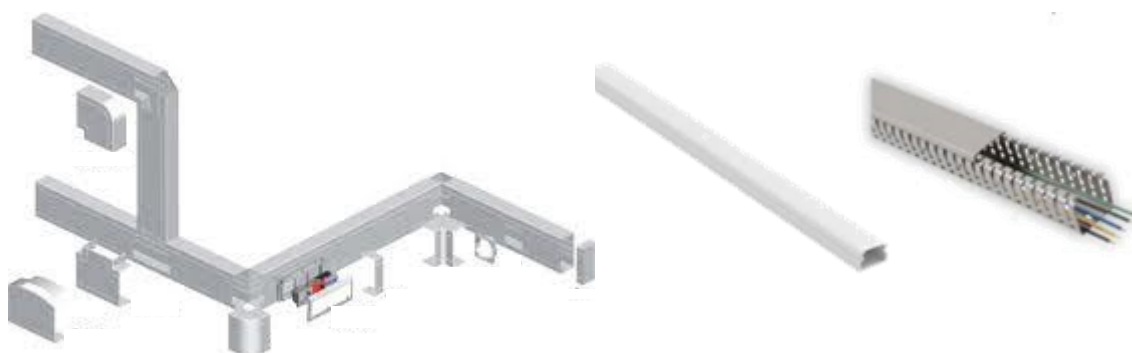
A empresa conta com duas unidades fabris: UPS (Unidade Produtiva de Serpins) e UPA (Unidade Produtiva do Alto do Padrão).

Na UPS a empresa fabrica aparelhagem elétrica de baixa tensão (como sejam os interruptores, tomadas, domótica, acessórios de calha, tomadas R-TV, disjuntores, interruptores diferenciais, DST's, etc. – ver Figura 2.5). Nesta unidade fabril a empresa produz todos os componentes integrantes dos seus produtos exceto os componentes eletrónicos. Os processos que permitem estas produções estão descritos na Secção 2.2 deste documento.



**Figura 2. 5** – Exemplos de produtos fabricados na unidade UPS da Efapel [5]

Na UPA a empresa fabrica calha técnica. Esta unidade é dedicada ao fabrico de produtos extrudidos (ver exemplos na Figura 2.6) [5].



**Figura 2. 6** – Exemplos de produtos fabricados na unidade UPA da Efapel [5]

## 2.1. Organização da Empresa

A empresa encontra-se seccionada em duas Unidades Produtivas:

- uma produz aparelhagem elétrica de baixa tensão e acessórios de calha (UPS – Unidade Produtiva de Serpins);
- outra produz calha técnica (UPA – Unidade Produtiva do Alto do Padrão).

A unidade UPS é composta por 10 secções produtivas e 12 departamentos de apoio à produção, conforme representado na Figura 2.7:



**Figura 2. 7** – Diagrama dos departamentos de apoio à produção da UPS – Efapel

A unidade UPA é composta por 4 departamentos de apoio à produção e 3 secções produtivas conforme representado na Figura 2.8:



**Figura 2. 8** - Diagrama dos departamentos de apoio à produção da UPA - Efapel

A unidade UPA partilha de todos os restantes departamentos de apoio à produção existentes na unidade UPS.

A Efapel é constituída por uma equipa de cerca de 300 colaboradores repartidos pelos diversos departamentos referidos.

O estágio objeto do presente relatório desenvolveu-se no departamento de IDI Processo (Investigação, Desenvolvimento e Inovação do Processo) e o estagiário teve como principais responsabilidades o desenvolvimento e implementação de um Sistema de Controlo de Segurança para o processo de Estampagem que permita a deteção de falha e paragem atempada dos equipamentos, antes de se gerarem anomalias e/ou avarias. Como atividades complementares o estagiário participou no desenvolvimento e instalação de equipamento e sistemas de apoio às atividades de proteção ambiental tal como apresentado na Secção 2.3 e liderou a implementação de ações de melhoria da performance energética da empresa, conforme descrito na Secção 2.4..

## **2.2. Breve Descrição dos Processos da Efapel**

Os produtos da Efapel são compostos por partes plásticas e partes metálicas.

Nas partes plásticas incluem-se, por exemplo, as bases, as tampas, os espelhos e as teclas de um interruptor. Estas peças, assim como todas as outras plásticas, são fabricadas por meio de Injeção Plástica (processo descrito na Secção 2.2.1).

Em algumas destas peças são impressas marcações com instruções de ligação, referência da peça e outras informações relevantes para o instalador e para a rastreabilidade. A impressão é conseguida por sistemas laser que apresentam boa qualidade e um custo substancialmente menor do que os usuais sistemas de impressão por jacto de tinta. No entanto, as calhas técnicas, devido à sua constituição, obrigam à impressão com este último sistema, pois com as máquinas laser não se conseguem impressões de boa qualidade (processo descrito na Secção 2.2.5).

Existem peças plásticas exteriores, que por questões estéticas, são pintadas num processo de pintura automática, já com o uso de tintas à base de água (processo descrito na Secção 2.2.4).

As peças metálicas consistem em contactos elétricos (responsáveis pelo funcionamento elétrico da peça), garras metálicas (para orientação e fixação complementar da peça na sua instalação), molas (por exemplo para segurar a peça que é responsável pelo bascular do contacto móvel (responsável pela comutação entre estados – ligado/desligado), parafusos (para a fixação), etc..

Para o fabrico das peças metálicas utilizam-se sistemas de estampagem metálica (processo descrito na Secção 2.2.2) que promovem o corte e conformação das peças. De seguida estas são sujeitas a polimento e tratamento de superfície para evitar corrosão (processo descrito na Secção 2.2.3). Algumas peças (porcas por exemplo) necessitam de passar por um sistema de roscagem para criar a respetiva rosca (processo descrito na Secção 2.2.7).

Para promover os contactos elétricos usam-se rebites, que são aplicados nas respetivas metalizações por rebitagem (processo descrito na Secção 2.2.6).

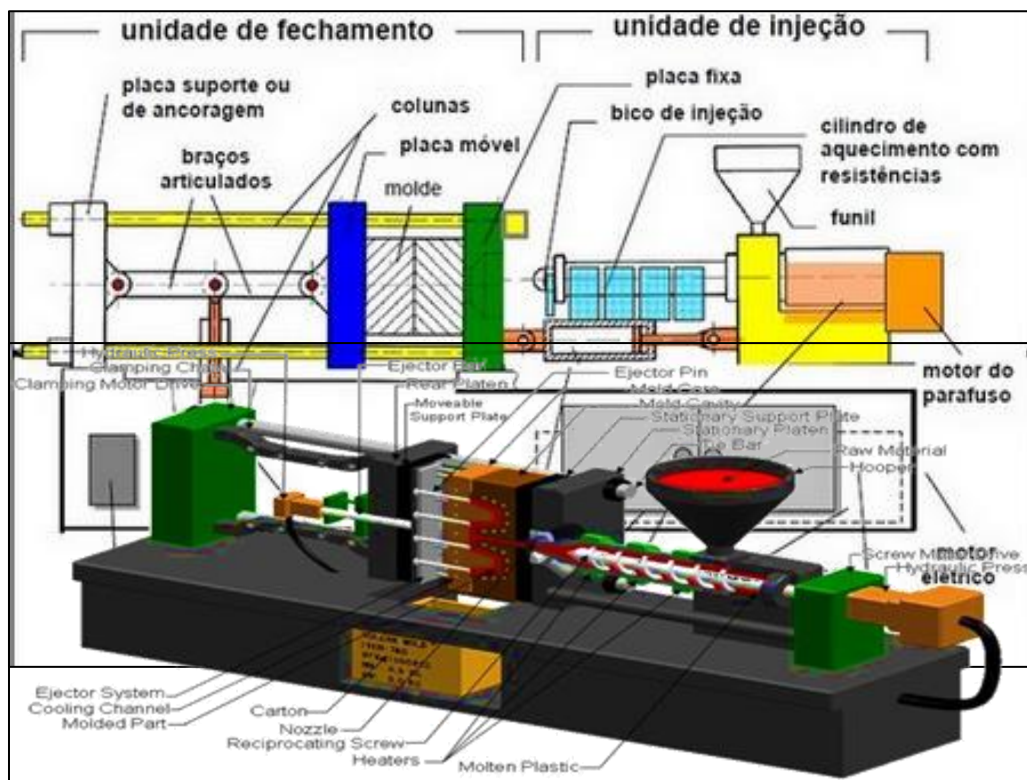
Todos os componentes são montados na Secção de Montagem (processo descrito na Secção 2.2.9) e depois embalados na Secção de Embalagem (processo descrito na Secção 2.2.10).



### 2.2.1. Injeção de Plásticos

Um sistema de injeção consiste de um funil, uma rosca ou fuso, um cilindro (conhecido como canhão), e um bico de injeção, resistências de aquecimento, molde e outros componentes constituintes da máquina como mostra a Figura 2.9. Este sistema confina, trabalha e transporta o plástico progressivamente, fazendo com que passe pelos estágios de alimentação, compressão, fusão e injeção.

### Componentes de uma máquina de injeção



**Figura 2. 9** – Esquema de funcionamento de uma máquina de injeção (em cima [8], em baixo [9])

**a) *Funil***

O material termoplástico é fornecido à máquina na forma de pequenos grânulos do tipo dos representados na Figura 2.10.



**Figura 2. 10 - Granulado plástico**

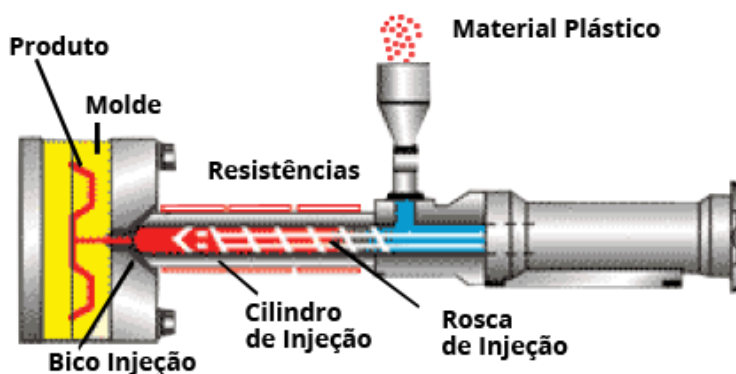
O funil direciona os grânulos para a zona de alimentação do fuso, que fica na parte de trás, alimentando-o por efeito da gravidade. Em máquinas mais recentes estes funis foram substituídos por pequenos silos que já fazem a secagem do material (Figura 2.11), economizando tempo e energia elétrica, pois elimina a necessidade do transporte manual dos grânulos da estufa de secagem para o funil e mantém o material quente até sua entrada no canhão, o que se reflete numa economia de energia pois a máquina tem de despende menos tempo de aquecimento até atingir o ponto de fusão.



**Figura 2. 11 - Silo de Secagem [10]**

**b) Cilindro (ou canhão)**

É dentro do cilindro que ocorre a fusão do plástico, promovida pelas resistências elétricas acopladas no seu exterior e pelo atrito da rosca com os grânulos de plástico (Figura 2.12). O cilindro contém uma válvula de desgaseificação para eliminar os gases produzidos pelo material.



**Figura 2. 12 – Representação gráfica de um cilindro de uma máquina de injeção de plásticos [6]**

**c) Fuso (ou rosca)**

O fuso trabalha dentro do cilindro e serve para transportar, comprimir, fundir, homogeneizar e dosar o material. O fuso tem três zonas contíguas:

- Zona de alimentação

Zona onde é aplicado o funil ou o silo de secagem e por onde se alimenta a matéria plástica à câmara (ou cilindro) da máquina de injeção;

- Zona de compressão

Zona onde o material plástico é trabalhado e onde se promove a plastificação e desgaseificação;

- Zona de dosagem

Zona de onde o material plástico é doseado para o molde por efeito de injeção (tipo seringa) promovida pelo deslocamento do fuso dentro da câmara;

O diâmetro externo do fuso (Figura 2.13) permanece constante, mas a profundidade dos sulcos diminui da zona de alimentação para a zona de dosagem. Estes sulcos comprimem o material contra as paredes internas do canhão, cisalhando o plástico e fazendo com que passe do estado sólido ao estado líquido viscoso.

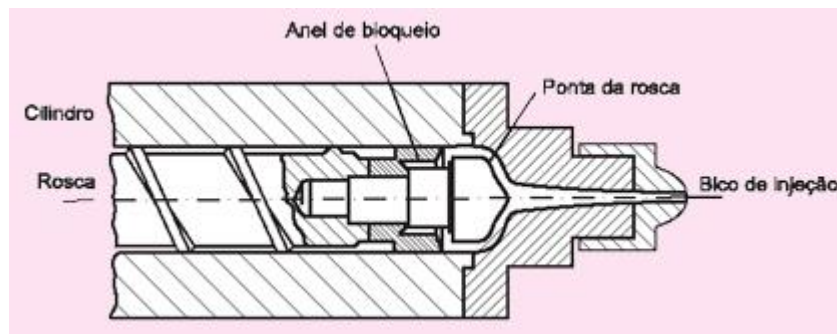


**Figura 2. 13** – Fotografia das zonas iniciais de um fuso de injeção [11]

**d) Bico de Injeção**

O bico de injeção (Figura 2.14) conecta o cilindro à bucha do molde, sendo essa conexão feita apenas com o contacto.

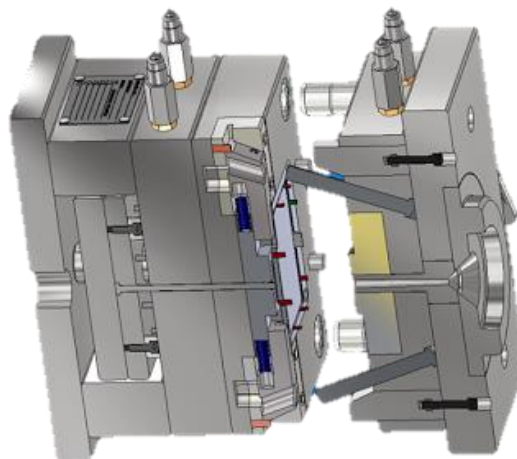
Assim de forma similar ao cilindro, geralmente as máquinas possuem resistências no bico de injeção, para controlar a temperatura deste canal e possibilitar uma passagem fluida da matéria plástica fundida. Esta temperatura costuma ser de valor próximo do ponto de fusão do material que está a ser processado.



**Figura 2. 14** – Esquema da zona da câmara de injeção onde se encontra o bico [12]

**e) Molde**

O molde (Figura 2.15) é uma ferramenta que é formada por placas de aço: umas móveis e outras estacionárias, onde se encontram abertas as cavidades que dão forma ao plástico, os pinos ejetores que empurram a peça para fora do molde, e os canais de refrigeração por onde circula um fluido refrigerante (geralmente água) que retira parte do calor para permitir uma boa conformação da peça em processamento.



**Figura 2. 15** – Molde de Injeção [7]

**f) Sistema hidráulico**

O sistema hidráulico na máquina de injeção proporciona a força necessária para abrir, fechar e manter fechado o molde, para girar e avançar o fuso, e para empurrar os pinos ejetores.

**g) Sistema de controlo**

Proporciona uniformidade e repetibilidade no funcionamento da máquina. Monitoriza e controla os parâmetros do processo, incluindo temperatura, pressão, velocidade de injeção, a velocidade do fuso e a sua posição, assim como o funcionamento do sistema hidráulico. O controlo do processo tem influência direta no produto final e nos aspetos económicos do processo. Pode ser baseado num sistema simples com relés ou num sistema com microprocessador.

### 2.2.2. Estampagem de Metais

A Estampagem surgiu no século XIX com o início da utilização de peças estampadas na produção em massa de bicicletas (década de 1890).

A Estampagem foi substituindo a forja e a maquinação de peças, pois resultava numa redução substancial do custo e num aumento da cadência de produção. Apesar das peças estampadas não serem tão fortes como peças forjadas, elas eram de boa e suficiente qualidade para o fabrico das bicicletas.

Em 1890 existia já uma exportação para as empresas dos Estados Unidos de peças para bicicleta estampadas, originárias da Alemanha.

Vários fabricantes de automóveis adotaram a utilização de peças estampadas antes da *Ford Motor Company*. *Henry Ford* resistiu às recomendações dos seus engenheiros para usar peças estampadas, mas quando a empresa já não conseguia satisfazer a procura devido ao uso de peças forjadas, *Ford* foi forçado a utilizar peças estampadas.

A Estampagem (também conhecida como prensagem) é o processo de colocação de uma folha ou tira de metal plana numa prensa de estampagem, (quer sejam alimentadas uma a uma ou em bobinas ou resmas, manual ou automaticamente) onde uma ferramenta (cortante) o corta e molda progressivamente por pequenos passos em peças com a forma desejada. Na estampagem utilizam-se uma variedade de processos para a conformação dos metais na forma final desejada. Estes processos incluem corte, perfuração, dobragem, flangeagem, estiragem moldagem e cunhagem. Com determinadas ferramentas é possível incluir a impressão, rebitagem e soldadura neste processo.

A Estampagem Progressiva é uma combinação dos métodos acima conseguida pela passagem passo a passo (um de cada vez), de uma tira ou chapa metálica, por com um conjunto de matrizes dispostas em linha.

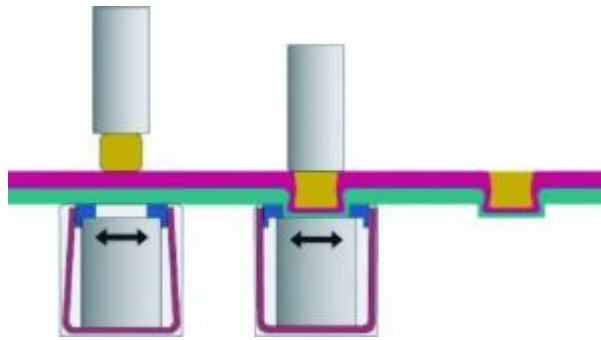
Para peças simples a conformação pode ser conseguida por apenas um passo mas o mais usual é a existência de passos progressivos que vão moldando o metal por diversas pequenas etapas na forma pretendida. Estes vários passos permitem a execução rigorosa de peças com formas complexas. Para que exista sincronismo entre os sucessivos passos torna-se necessária a criação de “marcadores de passo” que podem ser simplesmente furos na tira metálica que devem aparecer em posições bem definidas em cada um dos passos.

Para este processo é normalmente utilizada a chapa metálica como matéria-prima, mas também pode ser utilizado com outros materiais, tais como poliestireno.

Trata-se de um processo que geralmente é executado a frio.

Na Figura 2.16 está representado o principio da conformação por estampagem enquanto na Figura 2.17 é ilustrada uma prensa e a respetiva ferramenta/cortante.





**Figura 2. 16** - Princípio da conformação por estampagem



**Figura 2. 17** – Prensa (à esquerda) e ferramenta/cortante (à direita)

Existem diversos tipos de prensas das quais se destacam as seguintes:

- Prensas excêntricas (Figura 2.18);

Estas prensas têm na sua constituição um volante que acumula uma quantidade de energia por inércia, que cede no momento em que os pratos chegam a baixo e vão cortar/moldar a tira metálica, garantindo uma capacidade energética suficiente para gerar uma força capaz da execução do trabalho solicitado. No eixo do volante existe um excêntrico que funciona por meio de uma biela, transmitindo um movimento alternado ao prato superior. É neste que se fixa o conjunto superior da ferramenta (cortante). O conjunto inferior é fixado à mesa, por meio de parafusos e placas de fixação.



**Figura 2. 18** – Prensa Excêntrica [13]

- Prensas de Fricção ou Parafuso

Este tipo de prensa (Figura 2.19) é conhecido também por prensa por fuso. Neste género de prensa o prato superior desce e sobe por ação de um grande fuso linear e reversível, que é acionado por um volante horizontal central localizado no ponto superior do fuso. Este volante central é, por sua vez, acionado pela fricção de outros dois grandes volantes laterais, posicionados verticalmente: um promove a descida e o outro a subida do prato. Esta máquina permite a utilização de forças enormes mas tem como problema a sua grande inércia que não permite efetuar uma paragem rápida e precisa em caso de emergência. Assim inviabiliza o uso de barreiras luminosas ou comandos bi-manuais para a sua atuação ou proteção de segurança.



**Figura 2. 19** – Prensa de fricção [14]

- Prensas Hidráulicas (Figura 2.20);

Os movimentos nestas prensas são conseguidos por meio da injeção de óleo sob pressão num ou mais cilindros. São geralmente equipadas com uma bomba de alimentação variável de forma a conferir ao curso da prensa uma velocidade máxima quando a pressão é mínima e uma velocidade mínima quando a pressão é máxima (altura de maior esforço). São utilizadas, geralmente, para a execução de peças de grandes dimensões.

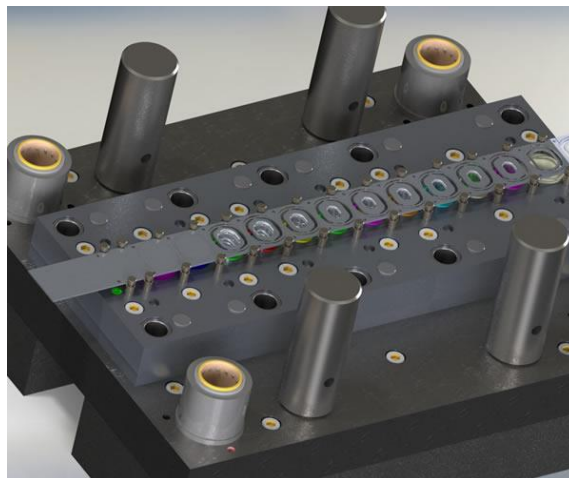


**Figura 2. 20** – Prensa Hidráulica [15]

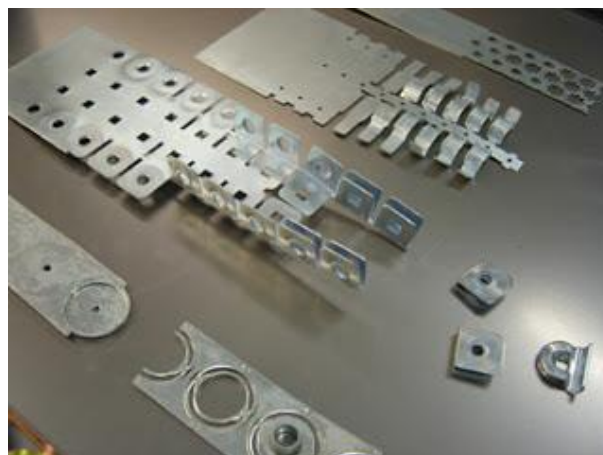
Para que uma qualquer prensa desenvolva trabalho e execute uma determinada peça, é necessário a utilização de uma ferramenta que normalmente se designa por cortante. Esta ferramenta dispõe de matrizes rigorosamente fixadas no seu interior, matrizes essas que são responsáveis pela execução de trabalhos específicos (cada uma executa o seu) em cada passo da fita metálica. No fim da fita passar pelos passos todos da prensa, a peça encontra-se conformada e é cortada e, normalmente, expelida para o exterior da prensa (no caso de peças de grandes dimensões torna-se necessária a carga e descarga manual ou por meios mecânicos de auxílio). Nas Figuras 2.21 e 2.22 apresentam-se dois exemplos de cortantes abertos com a exposição das suas matrizes. Na Figura 2.23 apresentam-se exemplos de tiras metálicas já com vários passos de conformação e algumas peças já soltas.



**Figura 2. 21** – Cortante aberto com as matrizes expostas [16]



**Figura 2. 22** – Parte inferior de um cortante com a fita metálica conformada nos diversos passos de execução [17]



**Figura 2. 23** – Fitas metálicas com conformações de diversos passos da estampagem [18]



### 2.2.3. Tratamento de Superfície

A galvanização ou galvanoplastia é um tratamento de superfície desenvolvido por Galvani, investigador italiano do Século XVIII.

É um dos processos mais eficazes e económicos para proteger o aço contra a corrosão. A proteção do aço pelo revestimento de zinco desenvolve-se através de dois mecanismos: proteção por barreira exercida pela camada de revestimento e proteção galvânica, que ocorre na exposição simultânea do par aço-zinco.

A galvanoplastia consiste num metal que, ao ser submerso num substrato, transfere iões para outra superfície (metálica ou não), através da eletrólise.

Trata-se de uma eletrodeposição na qual o objeto que recebe o revestimento metálico é ligado ao pólo negativo de uma fonte de corrente contínua enquanto o metal que dá o revestimento é ligado ao pólo positivo

Para que a película do metal se ligue a outro, além de uma perfeita limpeza e desengorduramento da superfície, é preciso conhecer as suas naturezas e propriedades químicas.

Razões para Galvanizar:

- ✓ Custo competitivo

Trata-se de um processo industrial com um custo menor do que os outros revestimentos anticorrosivos.

- ✓ Menor custo de manutenção

O custo baixo e a durabilidade fazem com que a galvanização seja uma solução interessante para a proteção do aço e do ferro fundido contra a corrosão ou ferrugem por longos períodos de tempo. O aumento dos intervalos de tempo para a manutenção reduz os custos decorrentes desta operação e da interrupção de serviços. Ao aumentar o grau de proteção do material, os riscos de falha são reduzidos drasticamente.

- ✓ Durabilidade

A durabilidade dos produtos galvanizados é diretamente proporcional à espessura do revestimento de zinco e inversamente proporcional à agressividade do meio ambiente.

- ✓ Fiabilidade

O processo de galvanização é simples, direto e totalmente controlado.

- ✓ Rapidez do processo (e de utilização)

Com a galvanização obtém-se um revestimento completo sobre uma qualquer peça em apenas alguns minutos, enquanto por outro processo seriam

necessárias horas ou dias. Após a galvanização a peça está pronta para ser utilizada.

✓ Tenacidade (resistência) do revestimento

O processo produz um revestimento unido ao aço pela formação de camadas de liga Fe-Zn e Zn. Nenhum outro processo de revestimento apresenta esta característica que confere ao produto galvanizado uma grande resistência mecânica durante a manipulação, armazenamento, transporte e instalação.

✓ Cobertura completa

Todas as superfícies da peça são revestidas - superfícies internas, externas, cantos vivos e fendas estreitas. A galvanização confere uma espessura uniforme em todas as áreas da peça.

✓ Proteção tripla

O revestimento produzido pela galvanização protege o aço de três maneiras:

- a) O revestimento de zinco sofre uma corrosão ambiental mínima, sob a ação do meio ambiente o que proporciona uma vida longa e previsível.
- b) Se o revestimento for riscado, os sulcos serão preenchidos por compostos de zinco formados pela corrosão ambiental os quais impedem que o metal base seja corroído.
- c) Quando a área danificada for extensa a proteção catódica do zinco impede que a corrosão se propague sob o revestimento.

✓ Facilidade de inspeção

A espessura do revestimento pode ser facilmente verificada a qualquer momento, através de equipamento magnético ou de ultra-sons.

Na Efapel utilizam-se tinas de galvanoplastia com tambor rotativo (do tipo do representado na Figura 2.24) e com controlo automático.



**Figura 2. 24** – Tina de tambor rotativo para galvanoplastia [19]

### 2.2.4. O Processo de Pintura

A pintura industrial iniciou-se apenas a partir do final do século passado despoletada pela necessidade de proteção de máquinas e equipamentos que se foram desenvolvendo com o início da revolução industrial.

A pintura tem por objetivo depositar um filme de tinta sobre uma superfície com as seguintes finalidades: proteção e segurança. É composta por três etapas: Preparação da superfície, Aplicação da Tinta e a Cura.

Na Efapel este processo é automatizado, sendo manual apenas a preparação e carga das peças em bastidores que depois se deslocam entre compartimentos sucessivos onde se faz a preparação automática da tinta a aplicar, a pintura via *robot* (Figura 2.25) e a cura (secagem) em duas fases: *flashoff* (pré-secagem) e estufa.



**Figura 2. 25** – Pintura automática por *robot* (Sistema da Efapel)

### 2.2.5. O Processo de Impressão

Na Efapel a impressão é conseguida maioritariamente por impressão a laser implementada em linhas que alimentam o equipamento e fazem a descarga das peças já impressas, tornando o sistema mais rápido e mais seguro para o operador.

A implantação da tecnologia laser apresenta benefícios que envolvem ganhos de produtividade e reduções de custos.

Além dos benefícios económicos, a tecnologia laser também traz benefícios sociais e ambientais. O sistema consegue favorecer o aumento da produtividade, redução de custos, maior segurança de operação, redução do impacto ambiental e, principalmente, de consumíveis.

Existem sistemas que funcionam com lasers de Fibra, YAG, Díodo de Fibra, CO2 ou até UV.

O sistema laser utiliza um computador, de forma muito semelhante a uma impressora convencional. Os desenhos são criados num *software* de desenho convencional e convertidos num formato próprio para interpretação e comando da impressora.

Com a impressão a laser é possível gravar texto, logótipos e mesmo fotografias numa vasta gama de materiais. O raio laser remove ou queima material da superfície da peça de uma forma extremamente controlada e precisa.

O sistema laser pode ser utilizado com vários materiais diferentes, dependendo do sistema em uso, temos como alguns exemplos: Acrílico moldado; Metal revestido; Aço inoxidável; Alumínio anodizado; Vidro; Madeira; Borracha; Pele; Papel/Cartão; Pedra; Plásticos graváveis a laser.

Existem vários tipos de sistemas de impressão a laser dos quais se destacam como mais usuais em marcação em plásticos:

- laser de CO<sub>2</sub>;
- laser YAG ;
- laser de diodo de fibra.

Na Efapel utilizam-se lasers de tecnologia YAG (do tipo do representado na Figura 2.26) montados em linha de marcação contínua, com alimentação e extração automáticas.



**Figura 2. 26** – Cabeça de impressão a laser *Trumph* [20]

### **2.2.6. O Processo de Rebitagem**

O processo de rebitagem na Efapel divide-se em dois tipos principais:

➤ **Rebitagem Manual**

Consiste num sistema constituído por rebitadoras pneumáticas (Figura 2.27), com ou sem alimentação automática de rebites (Figura 2.28), em que a alimentação da metalização e ordem de rebitagem é sempre dada pelo operador;



**Figura 2. 27 – Rebitadora manual**



**Figura 2. 28 – Rebites [5]**

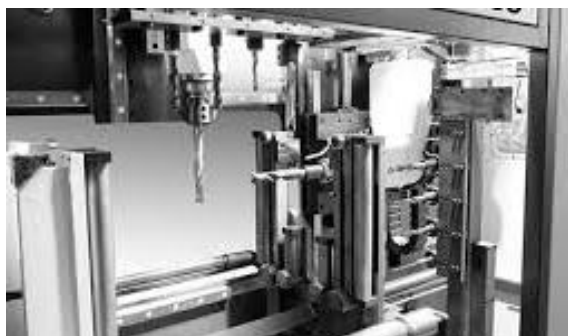
➤ **Rebitagem Automática**

Consiste num sistema constituído por um ou mais alimentadores de rebites e metalizações, em que as alimentações e rebitagem são efetuadas de forma automática sem a intervenção do operador;

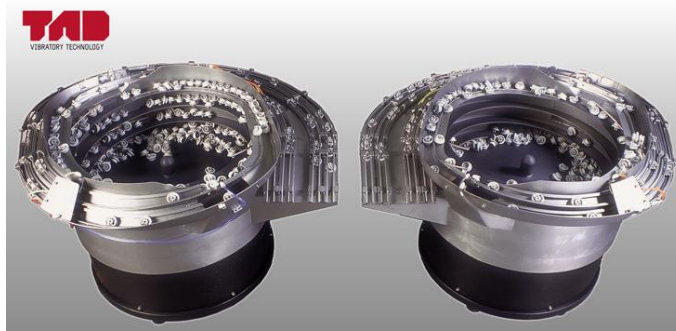
Existe também o processo de alimentação automática de rebites e rebitagem no cortante durante o processo de estampagem da respetiva metalização.

### **2.2.7. O Processo de Roscagem**

O processo de roscagem é um processo simples em que o elemento a roscar é alimentado e roscado automaticamente. Este processo utiliza roscadoras (Figura 2.29) com alimentadores vibratórios (Figura 2.30) e sistemas automáticos de controlo, lubrificação e extração das peças. Este sistema executa as roscas fêmeas nas peças metálicas como porcas e bases de tomada R-TV.



**Figura 2. 29 – Máquinas de furar e roscar em automático (equipamento da Efapel)**



**Figura 2. 30** – Alimentadores vibratórios rotativos [21]

### **2.2.8. O Processo de Produção de Eletrônicos**

O processo de produção de eletrônicos está dirigido essencialmente aos elementos de domótica que incorporam diversas placas eletrônicas.

Na Efapel o sistema é constituído por uma linha de montagem e soldadura de componentes SMD (*Surface Mounting Devices*) e por linhas de montagem manual apoiada por equipamentos semiautomáticos e de teste para a garantia de qualidade do produto final.

A linha de montagem SMD, segundo a sequência de montagem, é composta por uma impressora de telas (*Screen Printer*) que efetua a deposição da solda sobre as placas (Figura 2.31), por equipamentos de alimentação e descarga das placas (*Loader* e *Unloader* – são o mesmo tipo de equipamento mas funcionam em sentidos opostos – Figura 2.32), por tapetes de transporte, por equipamentos de montagem dos componentes SMD nas placas – sistemas de *Pick & Place* (Figura 2.33) e por um forno de soldadura por convecção (Figura 2.34).



**Figura 2. 31** – Equipamento *Screen Printer* [24]



**Figura 2. 32** – Equipamento *Loader* [22]



**Figura 2. 33** – Equipamento de *Pick & Place* [5]



**Figura 2. 34** – Forno de convecção para soldadura SMD [23]



### 2.2.9. O Processo de Montagem

O processo de montagem consiste em linhas de montagem manual apoiada por equipamentos semiautomáticos e de teste para a garantia de qualidade do produto final. As linhas (Figura 2.35) contam com diversos operadores e são balanceadas de forma a obter um fluxo contínuo de produção, reduzindo o custo do produto e aumentando a ergonomia do trabalho.



**Figura 2. 35** – Dispensadores de um posto de trabalho (à esquerda) e esquema de uma linha de montagem (à direita)

### 2.2.10. O Processo de Embalagem

O processo de embalagem consiste em equipamentos de embalagem automática em que a alimentação do produto a embalar é manual. A embalagem é efetuada essencialmente em equipamentos tipo *Flow-Pack* (Figura 2.36). Nestes equipamentos o produto é alimentado num tapete transportador que o leva até a uma primeira zona de limpeza por ar desionizado e depois para um túnel formado em filme plástico que é soldado e cortado na dimensão correta do produto. Fica assim embalado em saquinhos plásticos. Estes sacos podem (em alguns dos casos) serem impressos e decorados com fins de *marketing*.



**Figura 2. 36** – Máquina de embalar tipo *Flow-Pack*



## **2.3. Ambiente e Eficiência Energética na Efapel**

### **2.3.1. Ambiente**

No âmbito das atividades da equipa onde se enquadrou o estagiário, fazem parte, para além do cumprimento dos requisitos estabelecidos na Efapel para um comportamento ambientalmente correto no dia-a-dia, as funções de criar e implementar as condições físicas necessárias que permitam a todos os colaboradores uma conduta semelhante com o menor esforço/custo possíveis. Neste processo o estagiário esteve envolvido no desenvolvimento/instalação de equipamento simples e na implementação de pequenas instalações de apoio e ligação a estes equipamentos para permitir as atividades de proteção ambiental.

A Efapel, tem como um dos seus objetivos orientar a organização no sentido de garantir a melhoria contínua do desempenho ambiental. Neste sentido, a empresa promove a utilização de matérias-primas que, dentro da sua especificidade, tenham o menor impacto ambiental possível. Assim, a empresa consome nas suas áreas de transformação plástica apenas materiais termoplásticos 100% recicláveis e integra sempre o material já outrora processado mas que por algum motivo foi rejeitado. Nas suas embalagens utiliza apenas cartão que é 100% reciclável e de fácil destruição quando deposto no meio ambiente em aterros sanitários.

A empresa promove a segregação correta e o respetivo armazenamento de todos os resíduos gerados e posterior entrega a entidades autorizadas para o seu transporte, armazenamento e/ou tratamento.

O tratamento final dos resíduos de produtos já montados (elétricos) que são abrangidos pela Diretiva RoHS 2002/95/CE é assegurado via contrato com a empresa legalmente especializada para o efeito em Portugal - ERP Portugal.

No dia-a-dia, a empresa tem como cultura já instalada a identificação, avaliação, controlo e monitorização sistemática de todos os aspetos ambientais de modo a garantir a melhoria contínua do seu desempenho ambiental. Deste modo de proceder surgem ações com o objetivo de melhorar o desempenho ambiental sempre numa lógica de melhoria contínua.

Na Efapel os colaboradores participam ativamente no processo de melhoria do desempenho ambiental, apresentando sugestões, registando ocorrências ou colocando questões aos elementos da Comissão para o Ambiente e Segurança (CAS) constituída para o efeito [5].

### **2.3.2. Eficiência Energética**

Tendo em consideração o peso que o consumo de energia tem em termos de custos quer económicos quer ambientais, a Efapel tem, desde há longa data, preocupações constantes em promover um consumo eficiente da energia necessária ao seu funcionamento, eliminando desperdícios, quer por má utilização, quer por perdas nos sistemas.

Em 2008 surgiu o Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), regulamentado pelo DL 71/2008 de 15 de Abril [26], e que veio definir como Consumidor Intensivo de Energia (CIE) todo aquele que anualmente promover um consumo acumulado das diversas fontes de energia que utiliza igual ou superior a 500 tep (Toneladas equivalentes de petróleo). O CIE passou a estar obrigado a efetuar auditorias energéticas periódicas e, com base nos respetivos resultados, a elaborar um Plano de Racionalização Energética (PREN) que, após aprovação pela ADENE, se converte num Acordo de Racionalização de Consumo de Energia (ARCE). O ARCE obriga à implementação das medidas de racionalização energética que tenham viabilidade económica.

A Efapel promove todos os anos planos de ação tendo em vista a melhoria contínua da eficiência no consumo das energias que lhe são necessárias. Esta forma de proceder tem permitido encontrar ganhos significativos nos consumos energéticos, de tal forma que foram absorvendo o aumento anual das necessidades energéticas da empresa devido ao seu crescimento. A Efapel tem visto assim adiado o momento em que a empresa se vai tornar consumidora intensiva de energia (consumo acumulado  $\geq$  a 500 tep/ano).

Ao longo dos anos foram sendo implementadas diversas ações de aumento da eficiência na utilização das fontes de energia com a consequente redução no respetivo consumo e da pegada ecológica da empresa. Obtiveram-se, além das poupanças ambientais, benefícios económicos significativos que advieram da redução dos custos de funcionamento e produção da empresa, tendo impacto direto nas margens de lucro (por redução de custos) e logo na própria competitividade da empresa no mercado.

Algumas das ações de aumento da eficiência no consumo de energia implementadas na Efapel, apresentadas na Secção 2.4, foram objeto de outras atividades gerais do estagiário no decurso deste estágio, tendo sido envolvido ou mesmo responsável pela sua implementação.

## 2.4. Atividades gerais no âmbito da Equipa de IDI Processo

Tendo como objetivo a melhoria da performance energética dos seus edifícios, a Efapel aproveitou a obrigatoriedade de eliminar o telhado do seu edifício mais antigo (tinha telha de fibrocimento), para o substituir a ele e também o do Edifício 2 por painel *sandwich* de 50mm de espessura. Incluiu algumas telhas translúcidas de forma a poder utilizar a luz solar no interior. Na sequência a empresa decidiu proceder à substituição dos tetos falsos existentes por outros com maior isolamento térmico e absorção acústica, atividade que ficou à responsabilidade do estagiário. Do conjunto das alterações efetuadas conseguiram-se ganhos de conforto e de eficiência que se traduziram por uma redução do coeficiente de transmissão térmica para valores da ordem de  $0.477 \text{ W/m}^2\text{K}$  e um aumento na absorção de ruído de 31 dBA.

Complementamente tomaram-se algumas ações de melhoria do comportamento energético dos edifícios como por exemplo a substituição dos balastros convencionais existentes em cerca de 1040 luminárias por balastros eletrónicos. Estes balastros apresentam um consumo inferior em cerca de 30% relativamente aos eletrónicos. O prazo de retorno deste investimento é de 2,9 anos. Também foram substituídas as lâmpadas fluorescentes tubulares tipo T8 por outras tipo T5 na área da injeção de plásticos, promovendo a recolocação das luminárias num nível inferior ao que até então se encontravam (cerca de 3 metros abaixo) e o controlo individual por corredor de trabalho. Isto permitiu a diminuição do número de luminárias necessárias à iluminação da área assim como utilizar apenas as necessárias quando existem equipamentos desligados. Esta ação permitiu passar de 78 luminárias de 2 lâmpadas T8 de 58W para 44 T5 com duas lâmpadas de 35W e representou uma poupança direta de cerca de 66% no consumo da iluminação nesta zona produtiva (é superior quando existem máquinas paradas e logo a iluminação desligada). A implementação destas atividades foi da responsabilidade do estagiário.

Outra ação importante em que o estagiário esteve envolvido como participante, consistiu na troca de equipamentos antigos de injeção por equipamentos recentes, decisão tomada com base em medidas e análise comparativa dos consumos de máquinas de injeção similares (com capacidades para a execução do mesmo tipo de trabalho) umas novas e outras antigas. Chegou-se à conclusão que os equipamentos novos apresentam consumos que chegam a ser 60% inferiores aos dos antigos para o mesmo trabalho (dentro das solicitações que são efetuadas pela produção da Efapel). Desta forma tornou-se um investimento apetecível e a efetuar de forma progressiva e faseada no tempo dado o volume económico envolvido.

Paralelamente a Efapel tem introduzido diversas outras alterações aos seus processos e equipamentos por forma a melhorar a sua performance energética.

Apresentam-se alguns desses exemplos a seguir (onde o estagiário esteve envolvido ou foi responsável):

- Alteração do comando dos circuitos de iluminação em todos os locais de passagem para controlo por detetor de presença de forma a evitar consumos por esquecimento, em que as zonas ficam permanentemente iluminadas porque ninguém se lembra de desligar a iluminação quando não é necessária (responsabilidade do estagiário pela implementação);
- Isolamento das câmaras das máquinas de Injeção mais antigas, evitando a perda térmica para o ambiente circundante, tão maior quanto menor for o isolamento existente destas peças das máquinas. Na Efapel existem algumas máquinas mais antigas em que esta situação era “berrante”. Pela aplicação de mangas de isolamento térmico obtiveram-se poupanças de cerca de 7% no consumo de energia para o aquecimento dos respetivos cilindros, o que representa uma poupança na energia total consumida pelas máquinas de cerca de 2,5% (participação do estagiário no estudo de viabilidade económica);
- Implementação de controlo automático do funcionamento das torres de refrigeração em função da temperatura da água dos respetivos tanques, evitando que estejam a funcionar quando não são necessárias. As torres passaram a estar paradas durante cerca de 25% do tempo laboral (participação do estagiário no estudo de viabilidade económica);
- Instalação de controlo por VEV nas bombas de água de alimentação à refrigeração das máquinas de injeção. As bombas passaram a ter uma velocidade controlada pela pressão necessária, deixando de estar sempre a rodar à velocidade máxima. Isto refletiu-se numa economia da energia consumida por estes equipamentos de cerca de 65% a 75% pois passaram a trabalhar a 50% da sua capacidade nominal (responsabilidade do estagiário pela implementação);
- Divisão dos compressores por duas áreas distintas e distantes entre elas de forma a minimizar as quedas de pressão e poder baixar a pressão de referência pedida ao compressor. Conseguiu-se baixar a pressão solicitada em cerca de 1 bar o que se refletiu numa poupança energética de cerca de 10% na energia gasta na produção de ar comprimido (responsabilidade do estagiário pela implementação);
- Instalação de condutas de insuflação de ar exterior de zonas sombreadas aos compressores (insuflação de ar mais frio) do que derivou uma poupança de 2.5%

pois o ar alimentado aos compressores passou a ter uma temperatura inferior em 10°C (responsabilidade do estagiário pela implementação);

- Implementação de sistema de controlo de ligar/desligar automático da alimentação de ar comprimido aos edifícios nos períodos de paragem laboral (responsabilidade do estagiário pela implementação);
- Instalação de compressores com regime variável (atuados por conversores eletrónicos de frequência) pois estes compressores apresentam uma redução média de consumo de energia de cerca de 35% face aos convencionais (participação do estagiário no estudo de viabilidade económica e na posterior instalação);
- Substituição progressiva das tubagens de alimentação de ar comprimido por tubagens em tubo multicamada e respetivos acessórios, pois apresentam uma grande eficiência anti-fugas (muito próximo de zero) (responsabilidade do estagiário pela implementação);
- Instalação de condutas de reaproveitamento do ar quente gerado pelo compressor grande para climatização no inverno do edifício onde se encontra instalado. Tratou-se de um baixo investimento pois bastou efetuar um *bypass* na tubagem de saída do ar de arrefecimento dos compressores. O proveito é difícil de quantificar, mas pelas medidas efetuadas ao caudal e temperatura do ar dispensado ao edifício, a injeção térmica é superior à de um aparelho de ar condicionado mural de 12kW (no caso de um compressor de 45 kW) (responsabilidade do estagiário pela implementação);
- Substituição progressiva dos aparelhos de ar condicionado mais antigos por outros mais recentes e equipados com *inverter* (mais eficientes => poupança de cerca de 30% face aos existentes) (responsabilidade do estagiário pela implementação);
- Sombreamento das máquinas exteriores dos aparelhos de ar condicionado com sistemas de “quebra sol” de forma a garantir sombra no verão e sol no inverno (dificultando respetivamente o seu sobreaquecimento e o seu congelamento). Com esta ação os aparelhos passaram a ter menores períodos de paragem para descongelar e diminuiu a incidência de avarias. Estima-se que se obteve também uma redução de consumo de energia da ordem dos 5% (responsabilidade do estagiário pela implementação).



### 3. PROJETO DE UM SISTEMA DE CONTROLO DE SEGURANÇA - ESPECIFICAÇÕES

No âmbito das atividades realizadas no período de estágio, destacou-se o projeto, desenvolvimento e implementação de um Sistema de Controlo de Segurança para instalação em Prensa Progressiva de Estampagem. Neste capítulo são definidas as especificações do projeto tendo em conta os seus objetivos e uma análise detalhada do funcionamento da máquina. Da análise efetuada resulta uma identificação e calendarização das tarefas e é definido o conjunto de especificações a que o sistema de controlo de segurança deve responder, e que se reflete diretamente na configuração da HMI de operador.

#### 3.1. Motivação, enquadramento e calendarização

Como já descrito na Secção 2.2.2 do Capítulo 2 o processo de Estampagem de uma qualquer peça metálica consegue-se pelo avanço e corte, moldagem, dobragem, etc., sucessivos de uma tira metálica que vai sendo alimentada em pequenos passos síncronos com o movimento da prensa. Se o equipamento falhar o passo (por exemplo por escorregamento da fita metálica durante a alimentação) e mesmo assim efetuar o ciclo, vai gerar peças com defeito (lixo) e eventualmente poderá danificar a ferramenta (cortante) levando a manutenções dispendiosas e consequentes paragens morosas de produção, o que se traduz em custos acrescidos de produção por desperdício evitável.

No caso da Efapel e especificamente do equipamento em causa neste projeto, existia uma média de uma intervenção corretiva em ferramenta de estampagem por semana devido a erros de passo da prensa. Além disso existia uma taxa elevada de escória gerada, que quando não detetada devidamente e a tempo, induzia tempos de escolha destas peças a jusante deste processo para que o produto montado e a fornecer ao cliente fosse sempre de qualidade máxima. Isto representava um acréscimo de custo nestes casos que podia chegar aos 20% do valor destas peças.

Esta situação, no entanto não acontece em outros equipamentos, mais modernos, que já contemplam a possibilidade de detetar a falha do processo e parar o equipamento a tempo de evitar maiores custos. Estes equipamentos vêm dotados de controlo integrado por Computadores Industriais (*Industrial Computers*) com tecnologias fechadas e inacessíveis. No entanto, a análise do funcionamento destes equipamentos, permite perceber que é ideal utilizar a deteção de erro dependente do ângulo da *came* da máquina e do funcionamento esperado dos detetores dentro dos intervalos em que se vigia o erro.

Com base na observação destes equipamentos e dado que tal situação não era comportável (pelos custos que gerava) a Efapel decidiu enveredar pelo desenvolvimento de um sistema que permitisse alterar os equipamentos mais antigos, levando-os a ter uma eficiência e eficácia na deteção de falhas e proteção das ferramentas similar aos que equipam os novos equipamentos de estampagem.

O projeto teve como objetivo o desenvolvimento e implementação de um destes sistemas de deteção e controlo de falhas em cortantes que, perante uma falha, permitisse a paragem do equipamento antes de se gerarem danos na ferramenta e/ou escória sucessiva.

Tendo em atenção que a intervenção foi de alteração de um equipamento, há que ter em consideração as normas e demais legislação aplicáveis à execução e alteração de equipamentos e verificar da sua aplicabilidade ao projeto presente.

De seguida apresenta-se uma listagem das normas e leis a considerar e que se consultam quando necessário:

- ISO EN 12100-1:2003 Segurança de máquinas. Conceitos fundamentais, princípios gerais de conceção. Parte 1: Terminologia básica, metodologia [27];
- EN ISO 12100-2:2003 Segurança de máquinas. Conceitos fundamentais, princípios gerais de conceção. Parte 2: Princípios técnicos e especificações [28];
- ISO EN 13857-1:2008 Segurança de máquinas – Distância de segurança para impedir que os membros superiores alcancem zonas perigosas [29];
- NP EN 418:1996 Segurança de máquinas – Equipamentos de paragem de emergência, aspetos funcionais – Princípios de conceção [30];
- NP EN 983:1996 Segurança de máquinas – Requisitos de segurança para sistemas e componentes de transmissões hidráulicas e pneumáticas – Pneumática [31];
- NP EN 999:2000 Segurança de máquinas - Posicionamento de equipamento de proteção em relação às velocidades de aproximação das partes do corpo humano [32];
- NP EN 1037:1995 Segurança de máquinas - Prevenção a um arranque inesperado [33];
- EN ISO 14121-1:2008 Segurança de máquinas – Avaliação de riscos – Parte 1: Princípios [34];
- EN 1088:1995 *Sécurité des machines – Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs – Principes de conception et de choix* [35];
- EN 60204-1:1997 *Sécurité des machines – Equipement électrique des machine – Partie 1 : Règles générales* (IEC 60204-1:1997) [36];
- IEC 60204-1:2009 *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements* [37];



- IEC 60446:1999 *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of conductors by colours or numeral* [38];
- Diretiva 2006/42/CE Diretiva Máquinas [39];
- Diretiva 2006/95/CE Diretiva de Baixa Tensão [40];
- Diretiva 2004/108/CE Diretiva de Compatibilidade Eletromagnética [41];
- EN 349:1993 Segurança de máquinas – Distâncias mínimas para evitar o esmagamento de partes do corpo humano [42];
- EN 842:1996 Segurança de máquinas – Sinais visuais de perigo – Requisitos gerais, concepção e ensaio [43];
- EN 547-1:1996 Segurança de máquinas – Medidas do corpo humano – Parte 1: Princípios para determinação das dimensões requeridas para aberturas de acesso [44];
- EN 614-1:2006 Segurança de máquinas – Princípios de concepção ergonómica – Parte 1: Terminologia e princípios gerais [45];
- EN 614-2:2000 Segurança de máquinas – Princípios de concepção ergonómica – Parte 2: Interações entre a concepção de máquinas e as tarefas de trabalho [46];
- EN 953:1997 Segurança de máquinas – Protetores – Exigências gerais para a concepção e o fabrico de protetores fixos e móveis [47];
- EN 983: 1996 Segurança de máquinas – Requisitos de segurança para sistemas e componentes de transmissões hidráulicas e pneumáticas – Pneumática [48];
- ISO 13849-2:2006 Segurança de máquinas – Partes do sistema de comando relativos à segurança – Parte 2: Validação [49];
- ISO 13850:2006 Segurança de máquinas – Paragem de emergência – Princípios de concepção [50];
- ISO 13857:2008 Segurança de máquinas – Avaliação de riscos – Distâncias de segurança para impedir que os membros superiores e inferiores alcancem zonas perigosas [51].

Como a alteração alvo do presente projeto não coloca em causa a segurança das pessoas, pois trata-se de uma instalação que funciona sempre dentro do equipamento e, logo, dentro das margens de segurança por este garantidas, não é diretamente obrigatório a observância das regras definidas em toda a legislação referida. No entanto, observaram-se regras relativas à Diretiva Máquinas e ao DL 50/2005 que prescreve as regras mínimas de segurança e de saúde na utilização de equipamentos de trabalho e que obriga, neste caso, dado que não existe a necessidade de certificação, à Verificação de Segurança dos Equipamentos de Trabalho [5].

A Estampagem progressiva é um processo de conformação que utiliza uma série de estações de estampagem para realizar operações simultâneas numa tira de metal. A peça final é conseguida através do processamento progressivo da tira metálica nas diversas estações.

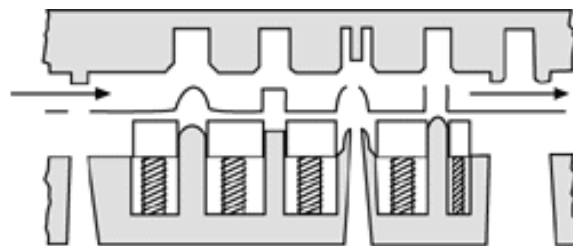
A ferramenta de estampagem progressiva compreende:

- A utilização de múltiplas operações simultâneas de corte e / ou conformação;
- Elevado ritmo de produção para pequenas peças estampadas;
- Ferramentas normalmente com custo elevado;
- Custo de processo reduzido, através da combinação de várias operações simultâneas.

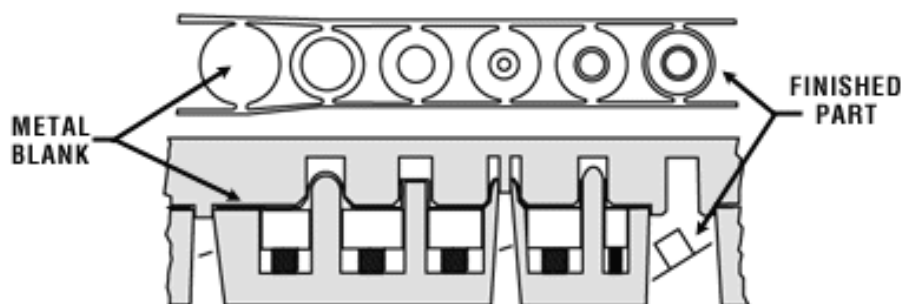
Precisão tendencialmente elevada, dependendo das ferramentas.

A imagem na Figura 3.1 apresenta uma visão bidimensional do funcionamento de uma ferramenta simples de estampagem progressiva.

À medida que a tira metálica progride na ferramenta, vai sendo exposta progressivamente à ação das várias estações, sendo que cada estação altera a configuração deixada pelas estações anteriores. Por conseguinte, a peça final é criada por uma série de fases de estampagem (Figura 3.1).



**Figura 3. 1** - Tira metálica em deslocamento para a próxima estação de trabalho antes do fecho da ferramenta

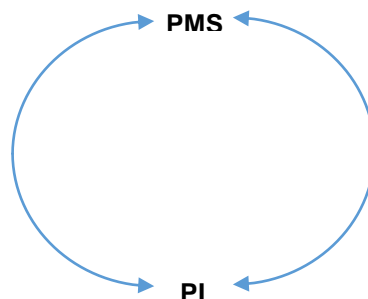


**Figura 3. 2** - Ferramenta fechada com componente acabado

A Figura 3.2 mostra a ferramenta fechada com a peça final a cair para fora da matriz.

Na parte superior da figura mostra-se uma vista de cima da tira de metal, com os diversos estágios de conformação.

A prensa em si, apenas efetua um movimento contínuo do prato superior de aproximação e afastamento do prato inferior: desce do ponto morto superior (PMS) até ao ponto inferior (PI), ponto este que consiste na fase em que é efetuado o maior esforço da prensa sobre a ferramenta (Figura 3.3).

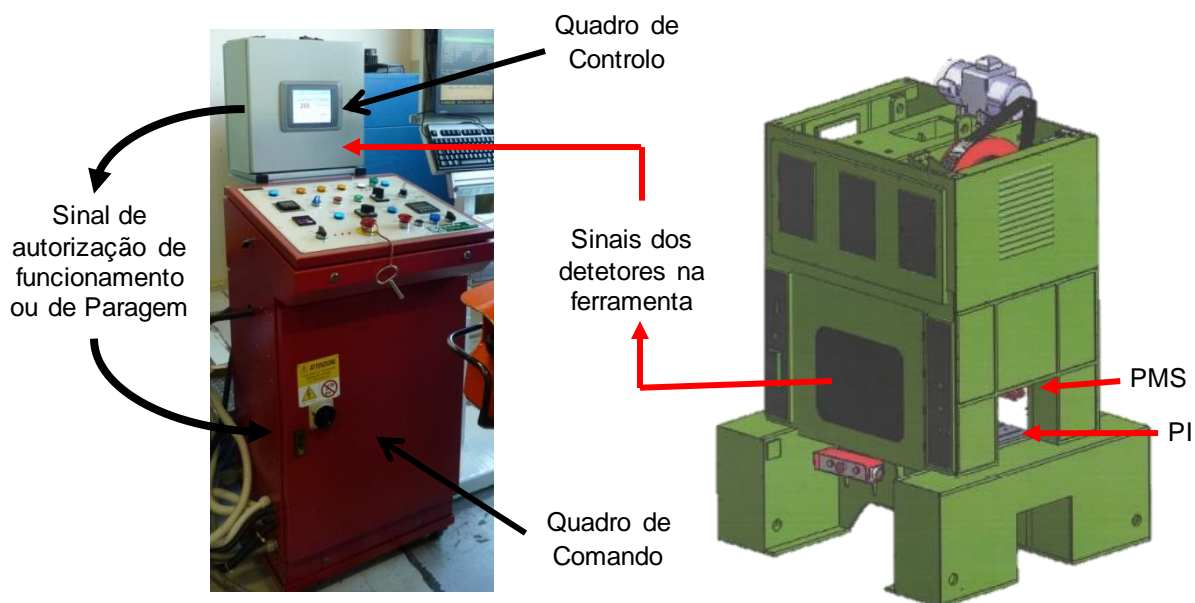


**Figura 3. 3** – Diagrama de movimento de uma Prensa

O sistema implementado (Figura 3.4) funciona através de um quadro de controlo que dá permissão de funcionamento à prensa sempre que o operador dá a ordem de arranque tendo efetuado previamente a seleção de um programa e desde que não existam erros detetados. O quadro de controlo age sobre o quadro de comando da prensa, autorizando o seu funcionamento.

O sistema recebe diretamente da ferramenta os sinais dos detetores de erro nela situados. Recebe ainda o sinal de posição do prato superior a fim de poder discriminar a fase de funcionamento a cada instante.

Em caso de deteção de falha, o quadro de controlo envia ordem de paragem ao quadro de comando da máquina e esta pára.



**Figura 3. 4** – Diagrama de interligação entre a prensa e os quadros de controlo e de comando

Para a realização deste projeto estabeleceu-se a seguinte sequência de trabalhos:

**Tabela 3.1 – Calendarização das fases do projeto**

Fase	Descrição	Data Inicial	Data Final
1	Levantamento do tipo de cortantes usados e sensores associados	2013-11-04	2013-12-20
2	Descrição dos ciclos temporais dos sinais de saída dos detetores a implementar durante o trabalho normal de produção e respetivas frequências	2014-01-06	2014-01-20
3	Definição das características temporais nos sinais que qualificam um erro	2014-01-20	2014-02-14
4	Estudo das opções e parâmetros necessários disponibilizar ao operador para permitir a parametrização das detecções pretendidas em cada situação	2014-02-17	2014-05-02
5	Definição e elaboração dos <i>layouts</i> dos menus a apresentar na HMI segundo as parametrizações e opções que necessitam de estar disponíveis ao operador		
6	Estudo do modo de funcionamento da prensa e do respetivos esquema elétrico para definir os pontos de ligação elétrica que permitam recolher os sinais necessários e as dar as ordens de paragem à máquina aquando a deteção de erro	2014-05-05	2014-06-06
7	Elaboração do esquema elétrico do quadro de deteção de erro e comando de paragem da máquina	2014-06-09	2014-07-18
8	Elaboração dos desenhos de peças mecânicas de apoio à instalação dos materiais necessários		
9	Definição da estrutura do processo a utilizar e do material necessário para o implementar		
10	Desenvolvimento do <i>software</i> de programação da HMI	2014-07-21	2014-09-05
11	Fluxograma para a execução do <i>software</i> para a vigilância e controlo do erro (a implementar em PLC).		
12	Implementação	2014-09-08	2014-09-26
13	Testes e validação	2014-09-29	2014-10-17

As fases 1 a 4 na Tabela 3.1 são focadas no estudo da máquina e na definição das especificações gerais e são descritas neste capítulo (Capítulo 3), enquanto as fases 5 a 13 referem-se à implementação detalhada e teste do sistema de segurança e que serão apresentadas no Capítulo 4.

### 3.2. Tipo de cortantes usados e sensores associados

Numa primeira etapa foi necessário identificar o tipo de cortantes que eram utilizados na prensa e que tipo de detetores tinham sido incorporados pelo fabricante para que se pudesse utilizar os respetivos sinais como informação de funcionamento e/ou erro/falha. Desta forma procedeu-se ao levantamento e registo conforme apresentado na Tabela 3.2:

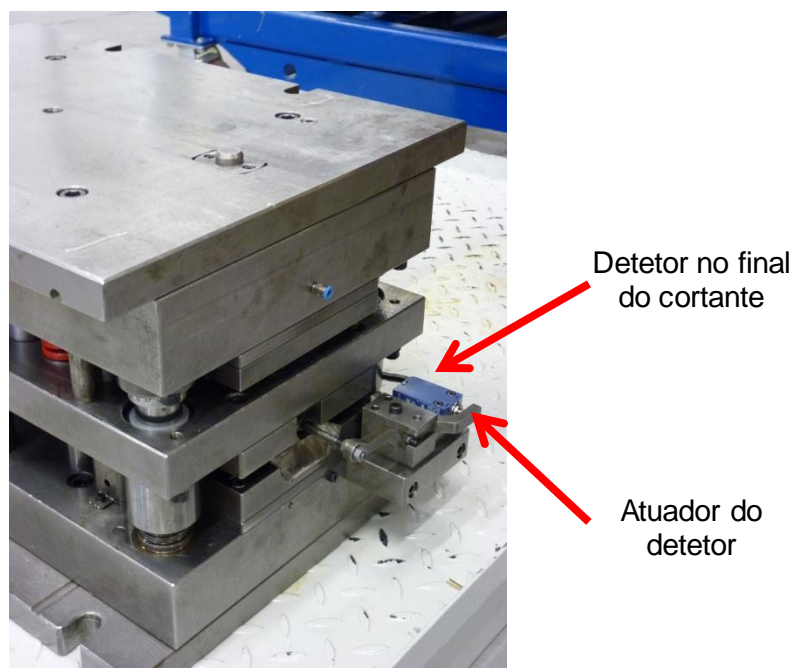
**Tabela 3. 2 – Detetores existentes por cortante**

Ferramenta	Detetores Existentes
672278 – Cortante do alvéolo de Tomada Euro-americana	1 <i>micro-switch</i> lateral + 1 <i>micro-switch</i> no final do cortante
677369 – Cortante da porca quadrada de 7 - 3M - Famikron	1 <i>micro-switch</i> no furo de sincronismo do passo da banda metálica
672280 - Cortante do contacto móvel 21 (novo)	1 <i>micro-switch</i> no furo de sincronismo do passo da banda metálica
672347 - Cortante do contacto terra MM	1 <i>micro-switch</i> lateral + 1 <i>micro-switch</i> no final do cortante
672259 - Cortante da mola de condutor (antigo)	1 <i>micro-switch</i> no furo de sincronismo do passo da banda metálica
672251 - Cortante do apoio de contacto móvel - Ifermol	1 <i>micro-switch</i> no furo de sincronismo do passo da banda metálica
672250 - Cortante do contacto direito do inversor - Ifermol	1 <i>micro-switch</i> no furo de sincronismo do passo da banda metálica
677252 - Cortante do contacto esquerdo do inversor - Ifermol	1 <i>micro-switch</i> no furo de sincronismo do passo da banda metálica
672270 - Cortante do alvéolo de Tomada 2P+T – S45	1 <i>micro-switch</i> no furo de sincronismo do passo da banda metálica
672408 - Cortante do contacto de terra da Tomada 21/45/55	1 <i>micro-switch</i> lateral + 1 <i>micro-switch</i> no final do cortante
672272 - Cortante da chapa de apoio da Tomada Francesa	1 <i>micro-switch</i> no final do cortante
672373 - Cortante da chapa de Tomada 45	1 <i>micro-switch</i> no final do cortante
672264 - Cortante do contacto fixo de interruptor	1 <i>micro-switch</i> no furo de sincronismo do passo da banda metálica
672265 - Cortante do contacto do comutador duplo	1 <i>micro-switch</i> no furo de sincronismo do passo da banda metálica
672273 - Cortante da garra metálica da Tomada 21	1 <i>micro-switch</i> no furo de sincronismo do passo da banda metálica
672406 - Cortante do aro metálico 25M - Famikron	1 <i>micro-switch</i> no final do cortante
672349 - Cortante do alvéolo de Tomada MM	1 <i>micro-switch</i> no furo de sincronismo do passo da banda metálica
672914 - Cortante do contacto do Suporte E27 - Famikron	1 <i>micro-switch</i> no final do cortante
672281 - Cortante da mola de condutor (novo)	1 <i>micro-switch</i> no furo de sincronismo do passo da banda metálica

Nas Figuras 3.5 e 3.6 apresentam-se duas imagens de aplicação de detetor respetivamente na face lateral e no topo de cortantes. Existem cortantes com os dois sistemas implementados.



**Figura 3. 5** – Aplicação lateral de detetor em cortante



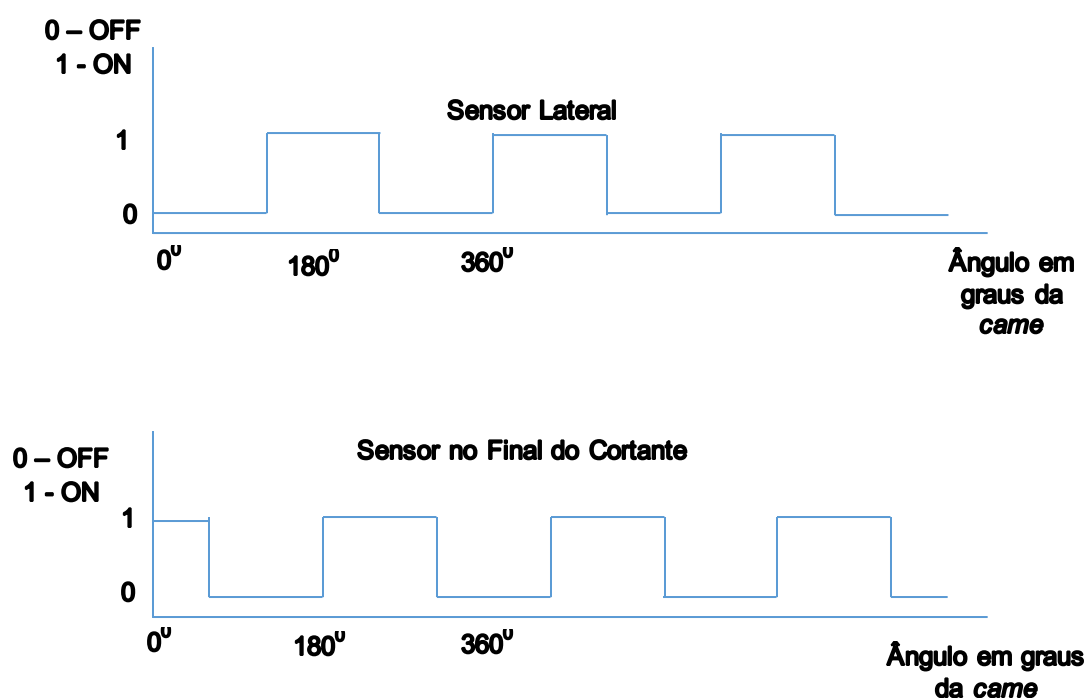
**Figura 3. 6** – Aplicação de detetor no topo do cortante

### 3.3. Ciclos temporais dos sinais dos detetores

Tendo em atenção os sensores que os cortantes já possuíam de origem (ver Tabela 3.2), fez-se o levantamento dos ciclos temporais dos seus sinais durante o funcionamento normal em produção. Verificou-se existirem apenas cinco possibilidades, descritas de seguida:

#### Funcionamento Tipo 1

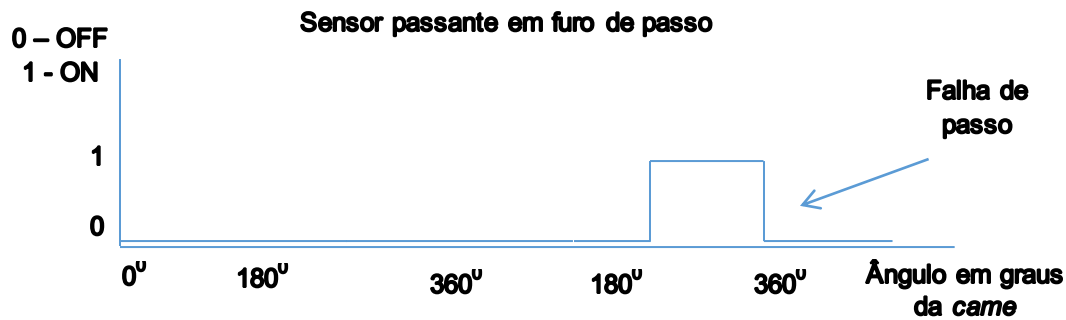
Proteção com 2 *micro-switch*: 1 lateral + 1 no final do cortante. O detetor lateral sinaliza o curso do passo em execução e deve pulsar em cada ciclo acabando sempre o ciclo no estado de desligado. O detetor do final do cortante pulsa sempre a partir do meio do ciclo quando a banda metálica lá chega, detetando o passo e a queda/purga da escória gerada. O funcionamento temporal está representado nos diagramas da Figura 3.7 e é função a cada momento do ângulo de deslocamento da *came* da máquina:



**Figura 3. 7** – Diagrama temporal dos sinais de saída dos detetores do cortante

### Funcionamento Tipo 2

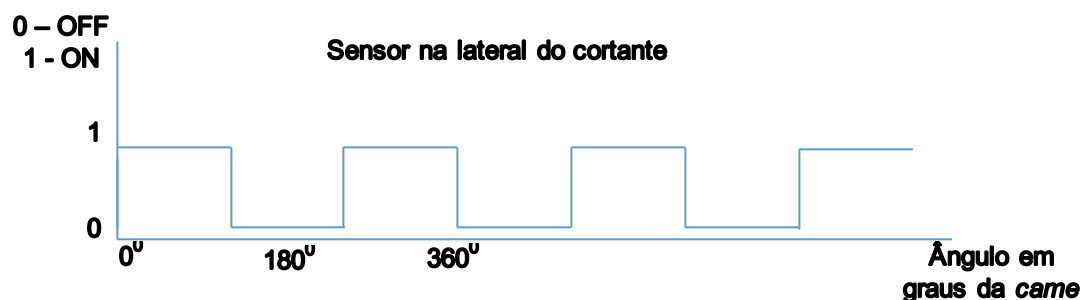
Proteção com 1 *micro-switch* passante no furo de sincronismo de passo. Só atua se falhar o passo. O funcionamento temporal está representado nos diagramas da Figura 3.8



**Figura 3. 8** – Diagrama temporal do sinal de saída do detetor do cortante

### Funcionamento Tipo 3

Proteção com 1 *micro-switch* (NC – *Normally Closed*) na lateral do cortante que verifica o sincronismo de passo por pulso gerado pela deteção de uma deformação metálica produzida em cada passo e é em função do ângulo de deslocamento da *came* da máquina. O funcionamento temporal está representado nos diagramas da Figura 3.9

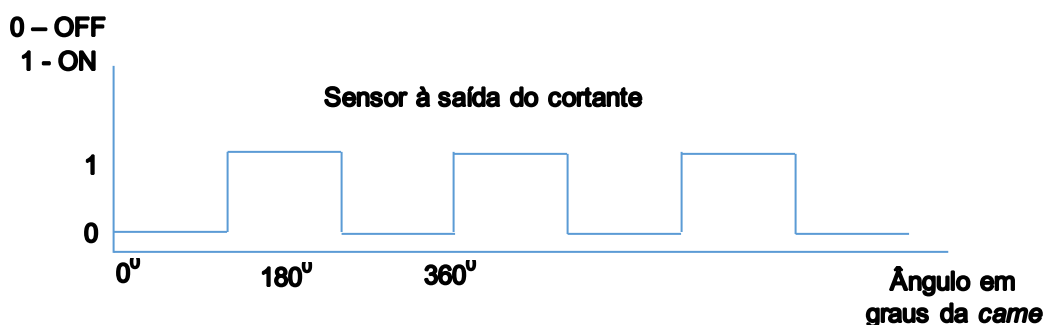


**Figura 3. 9** – Diagrama temporal do sinal de saída do detetor do cortante



#### Funcionamento Tipo 4

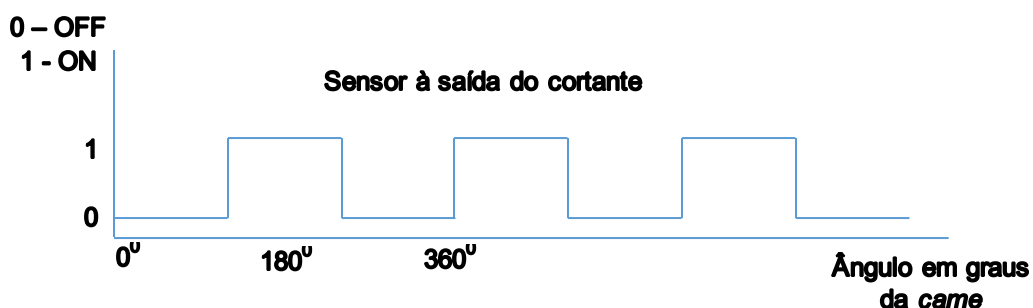
Proteção com 1 *micro-switch* (NO – *Normally Open*) à saída do cortante que deteta o sincronismo de passo por pulso em função do ângulo de deslocamento da *came* da máquina. O funcionamento temporal está representado nos diagramas da Figura 3.10



**Figura 3. 10** – Diagrama temporal do sinal de saída do detetor do cortante

#### Funcionamento Tipo 5

Proteção com 1 *micro-switch* (NO – *Normally Open*) na lateral do cortante que verifica o sincronismo de passo por pulso gerado pela deteção de uma deformação metálica produzida em cada passo função do ângulo de deslocamento da *came* da máquina. O funcionamento temporal está representado nos diagramas da Figura 3.11



**Figura 3. 11** – Diagrama temporal do sinal de saída do detetor do cortante

Assim, os diversos cortantes apresentam sinais em funcionamento segundo a Tabela 3:

**Tabela 3. 3** – Tipos de funcionamento dos detetores por cortante

<b>Ferramenta</b>	<b>Tipo de Funcionamento (Sinais dos Detetores)</b>
672278 – Cortante do alvéolo de Tomada Euro-americana	TIPO 1
677369 – Cortante da porca quadrada de 7 - 3M - Famikron	TIPO 2
672280 - Cortante do contacto móvel 21 (novo)	TIPO 2
672347 - Cortante do contacto terra MM	TIPO 1
672259 - Cortante da mola de condutor (antigo)	TIPO 2
672251 - Cortante do apoio de contacto móvel - lfermol	TIPO 2
672250 - Cortante do contacto direito do inversor - lfermol	TIPO 2
677252 - Cortante do contacto esquerdo do inversor - lfermol	TIPO 2
672270 - Cortante do alvéolo de Tomada 2P+T – S45	TIPO 2
672408 - Cortante do contacto de terra da Tomada 21/45/55	TIPO 1
672272 - Cortante da chapa de apoio da Tomada Francesa	TIPO 4
672373 - Cortante da chapa de Tomada 45	TIPO 4
672264 - Cortante do contacto fixo de interruptor	TIPO 5
672265 - Cortante do contacto do comutador duplo	TIPO 5
672273 - Cortante da garra metálica da Tomada 21	TIPO 5
672406 - Cortante do aro metálico 25M - Famikron	TIPO 4
672349 - Cortante do alvéolo de Tomada MM	TIPO 2
672914 - Cortante do contacto do Suporte E27 - Famikron	TIPO 4
672281 - Cortante da mola de condutor (novo)	TIPO 3

### 3.4. Características temporais de um erro

Analisando os diversos tipos de funcionamento temporal dos cortantes, pode inferir-se sobre como detetar uma falha na ferramenta (cortante) em função destes sinais e do ângulo da *came*. Assim obtemos para cada tipo de funcionamento uma ou mais situações temporais dos sinais relativamente a um intervalo angular da *came* a que corresponde uma falha do processo.

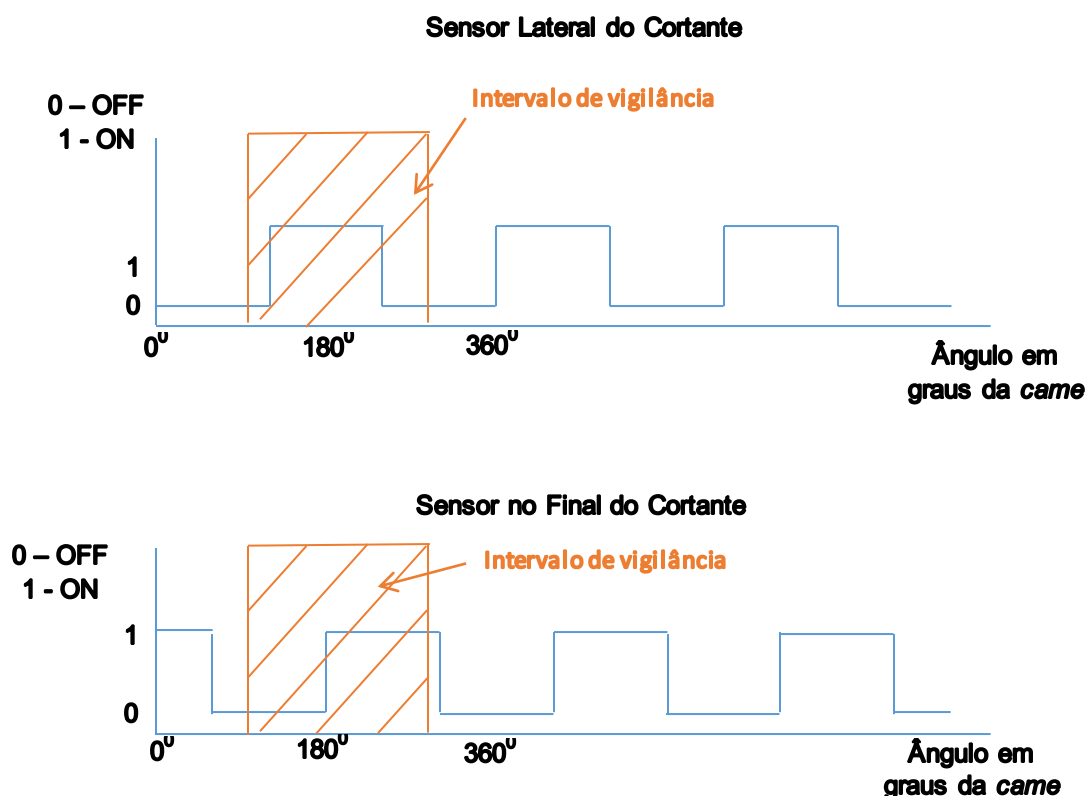
O intervalo angular da *came* referido diz respeito à zona do ciclo de funcionamento onde se deve efetuar a vigilância para deteção da ocorrência eventual de erro, a fim de evitar danos materiais ou defeitos no produto. Este intervalo é variável pois depende da afinação que o operador dá aos sensores aquando da sua montagem na ferramenta (isto varia de produção para produção devido à desmontagem do cortante para manutenção).

Foram definidas como situações de erro as seguintes:

- Para as ferramentas com perfil temporal da saída de sinais do Tipo 1 (Figura 3.12):

Neste tipo de situação pode ser necessário a vigilância de apenas um dos sinais ou dos dois simultaneamente.

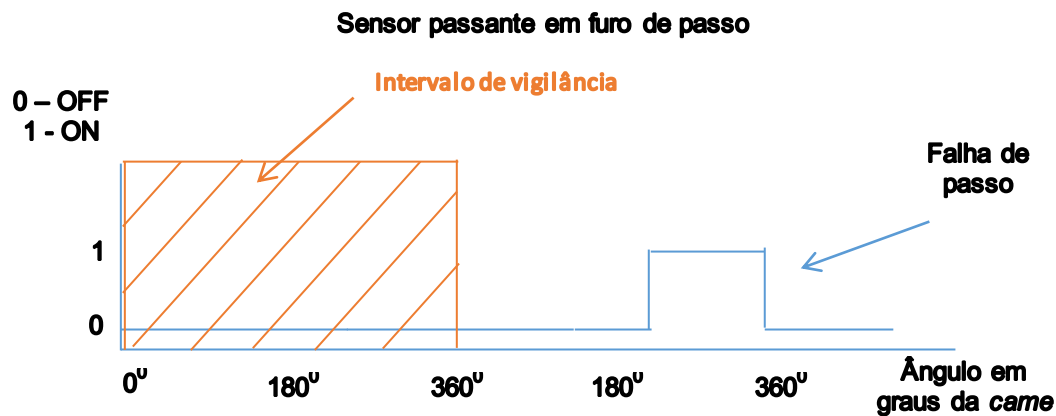
Sendo assim, existe erro sempre que, dentro do intervalo angular definido para a vigilância, o sinal do detetor varie relativamente ao esperado.



**Figura 3. 12** – Diagrama temporal dos sinais de saída dos detetores do cortante e representação do intervalo de vigilância do erro

- Para as ferramentas com perfil temporal da saída de sinais do Tipo 2 (Figura 3.13):

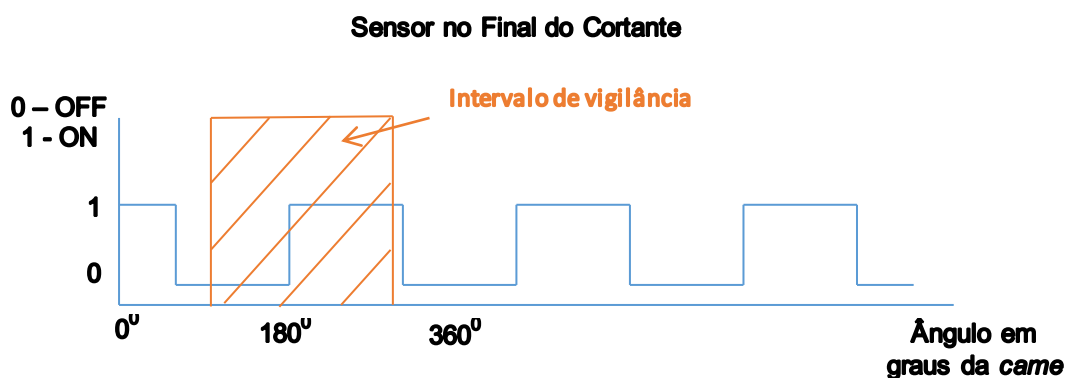
Neste tipo de situação a vigilância é contínua e cada vez que existe alteração do estado do detetor significa que existe erro no processo.



**Figura 3. 13** – Diagrama temporal do sinal de saída do detetor do cortante e representação do intervalo de vigilância do erro

- Para as ferramentas com perfil temporal da saída de sinais do Tipo 3, 4 e 5 (Figura 3.14):

Neste tipo de situações a vigilância é similar à efetuada para as ferramentas com perfil temporal Tipo 1, mas apenas com um sinal de saída.



**Figura 3. 14** – Diagrama temporal do sinal de saída do detetor do cortante e representação do intervalo de vigilância do erro

### 3.5. Modos de paragem da prensa

A prensa em análise, onde viria a ser instalado o sistema de vigilância e deteção de erro, é de marca *Legnani* e trata-se de uma máquina com capacidade de 80 Ton. Esta máquina tem dois modos de paragem:

1. Paragem imediata – funciona como uma paragem de emergência em que a prensa pára no mais curto espaço de tempo possível, sofrendo os respetivos esforços. Este modo de paragem só deve ser utilizado quando o erro evitado pela sua utilização tem um custo inferior ao desgaste provocado na máquina.
2. Paragem no ponto superior – a máquina continua o seu ciclo e pára no ponto superior, i.e., com a ferramenta aberta.

### 3.6. Especificações gerais e parâmetros na HMI

Tendo em atenção cada uma das características temporais dos sinais que qualificam um erro (verificadas na Secção 3.5) e que existem outras fases do processo cuja vigilância pode contribuir para uma maior eficiência na proteção das ferramentas, foi decidido disponibilizar ao operador a possibilidade de definir os seguintes parâmetros:

- um intervalo angular de vigilância que necessita da qualificação/quantificação de seis dados/parâmetros:

- 1º - estado do detetor na entrada deste intervalo (se se encontra ligado ou desligado);
- 2º - valor angular (da *came* da máquina) onde se pretende iniciar a vigilância do erro;
- 3º - estado do detetor dentro do intervalo de vigilância - dois estados possíveis: ou o detetor deve ter alternâncias dentro deste intervalo (valor 0) ou deve ter um estado constante (ligado ou desligado – valor 1);
- 4º - número de alternâncias esperadas dentro do intervalo de vigilância;
- 5º - valor angular (da *came* da máquina) onde se pretende finalizar a vigilância do erro;
- 6º - estado do detetor à saída do intervalo de vigilância.

- a vigilância nos períodos anteriores e posteriores ao intervalo definido pode ser importante. Sendo assim definiram-se parâmetros que quantificados corretamente permitem a vigilância ou não destes períodos:

1º - Período anterior ao intervalo de vigilância:

- Estado do detetor nesta fase - pode apresentar:
  - alternâncias que necessitam de ser controladas;
  - sempre constante;
  - o estado não necessita de ser controlado;

2º - Período posterior ao intervalo de vigilância:

- estado do detetor à saída do intervalo de vigilância;

3º - Ambos os períodos, anterior e posterior ao intervalo de vigilância:

- número de alternâncias do detetor nestes intervalos.

Chegou-se à conclusão de que se deveriam ainda criar e disponibilizar para definição pelo operador as seguintes opções:

- número de ciclos antes de iniciar a vigilância de erro: isto porque no início do processo o sistema nem sempre estabiliza imediatamente, criando assim a possibilidade de existir um número de ciclos inicial sem deteção de erro para uma afinação e verificação do início do processo;
- ativar ou desativar a vigilância de qualquer dos sensores durante o processo;
- promover a inversão do sinal do detetor (i.e. se se tratar de um detetor normalmente aberto passa a comportar-se como normalmente fechado e vice-versa);
- tipo de comparação do número de alternâncias do sinal fora da faixa de vigilância - nesta comparação pretende-se que seja possível ao operador escolher se lhe interessa que se vigie um número certo, se um número mínimo ou se um número máximo de alternâncias, dependendo da ferramenta em produção.

Como no dia a dia se trabalha com mais do que uma ferramenta e como existem diversas ferramentas que podem trabalhar nesta máquina decidiu-se pela implementação de um menu na HMI para memorizar os parâmetros por cortante. A este menu chamámos de Menu Receita.

## 4. PROJETO DE UM SISTEMA DE CONTROLO DE SEGURANÇA - IMPLEMENTAÇÃO

Neste capítulo é apresentada a seleção de equipamentos e a implementação detalhada do projeto cujo enquadramento e especificações gerais foram definidos no Capítulo 3. A seleção e parametrização de uma unidade HMI, com o respetivos desenho e implementação dos *layouts* e menus, permite concretizar as funcionalidades e atender às especificações. Para a unidade de processamento do sistema de controlo e monitorização são definidas as entradas e saídas e selecionado o PLC a utilizar. É apresentado o projeto e descrita a implementação do quadro elétrico de comando, assim como o projeto mecânico e fabrico de uma peça de suporte. Finalmente, é descrita e justificada a estrutura do *software* desenvolvido para o PLC e para a HMI sendo ainda apresentados os testes de validação realizados.








### 4.1. *Layouts* e menus na HMI

A HMI escolhida foi a consola T70 da *Beijer Electronics* por ser horizontal, com ecrã de 6,5" a cores e com capacidades de memória e processamento suficientes para alocar as receitas e apresentar gráficos (*Trends*) que definam o estado de funcionamento dos detetores presentes em função do valor angular da *came* da máquina.

O *software* utilizado na sua programação consistiu no *Information Designer V1.52* da *Beijer Electronics* [53].

Para permitir a elaboração dos *layout's* dos menus a disponibilizar ao operador foi necessário escolher uma simbologia para os parâmetros a alocar nestes écrans, simbologia esta que se apresenta na Tabela 4.1.

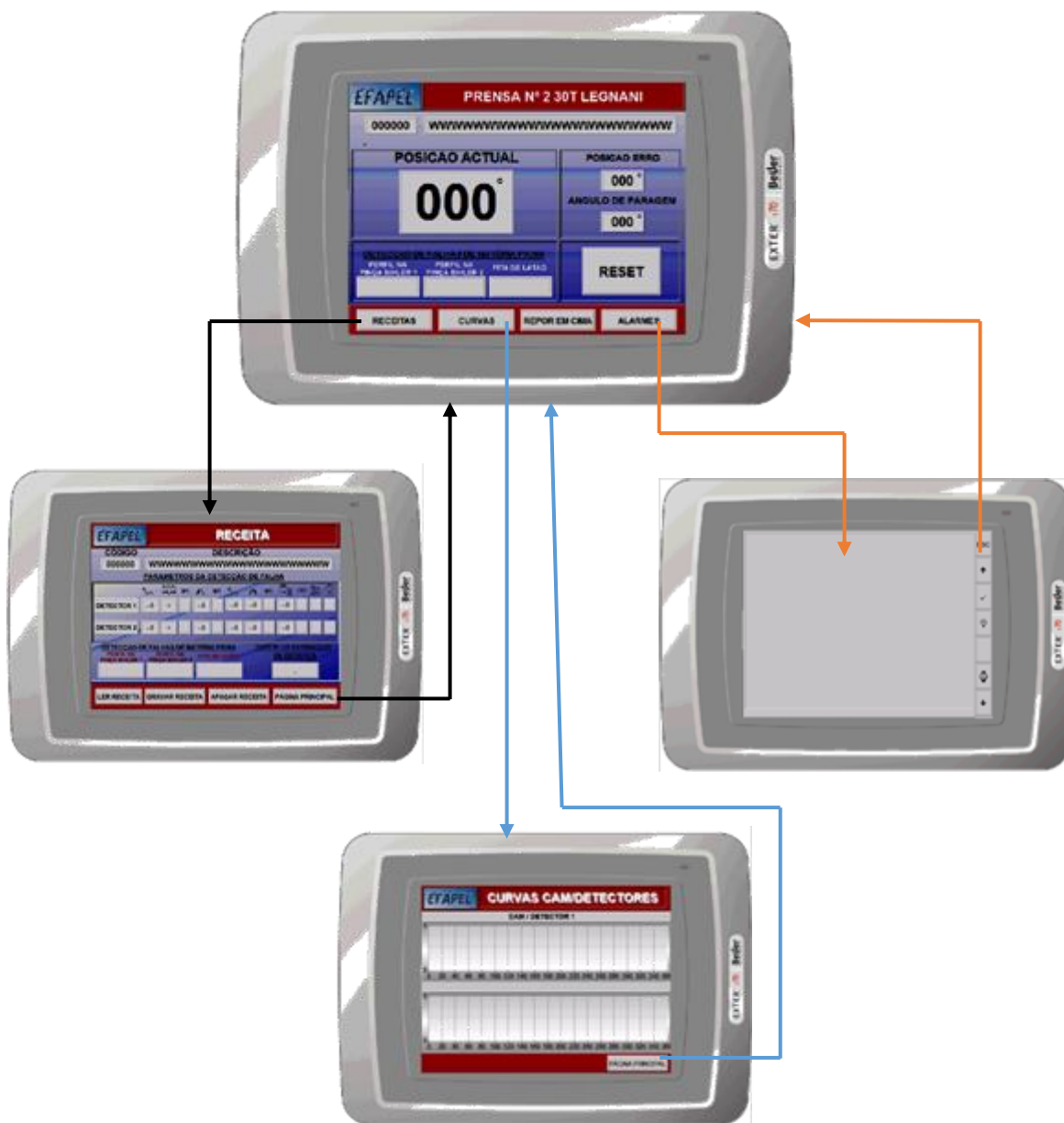
**Tabela 4. 1**– Simbologia utilizada para parametrização nos menus da HMI

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Número de alternâncias esperadas dentro do intervalo (pode tomar um qualquer valor inteiro)
	Tipo de comparação do número de alternâncias do sinal fora da faixa de vigilância (pode tomar os valores: >;<;=;>=<=)
	Estado do detetor (pode estar ligado [1] ou desligado [0])
	Valor angular (da <i>came</i> da máquina) onde se pretende iniciar a vigilância do erro (pode tomar um valor entre 0º e 360º)
	Valor angular (da <i>came</i> da máquina) onde se pretende finalizar a vigilância do erro (pode tomar um valor entre 0º e 360º)
	Número de ciclos antes de iniciar a vigilância de erro
	Ativar ou desativar a vigilância do respetivo detetor
	Inverter o sinal do detetor
	Paragem no PMS (Ponto Morto Superior) ou, se não seleccionado, paragem imediata



#### 4.1.1. Hierarquia dos menus:

Na HMI podemos circular entre menus através de teclas virtuais de atalho. Sendo assim, no presente projeto definiram-se quatro menus, um principal do qual derivas três subordinados: Menu Receitas; Menu Curvas dos Detetores; Menu Alarmes. O modo de transição entre menus encontra-se representado esquematicamente na Figura 4.1.



**Figura 4. 1** – Diagrama representativo da hierarquia dos menus criados na HMI

As setas representam o sentido de deslocamento perante a pressão da tecla, i.e., ao pressionar uma tecla o menu que vai ser aberto é aquele para o qual a seta aponta.

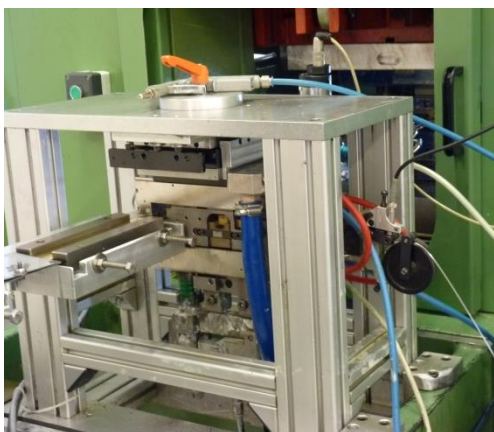
### 4.1.2. Menu Principal

Neste menu de abertura (Figura 4.2) apresenta-se o código e nome da ferramenta a utilizar, a posição atual em graus ( $0^{\circ}$  a  $360^{\circ}$  - posição da *came* a cada instante), a posição do erro (posição da *came* em que se deu deteção de erro) e o ângulo de paragem (posição angular da *came* no ponto em que a prensa efetivamente parou após deteção de erro). Além destas informações, existem neste menu os botões de comando seguintes:

- Receitas – passa para o menu de receitas;
- Curvas – passa para o menu das curvas de funcionamento;
- Repor em cima – botão de reposição da prensa no ponto morto superior;
- Alarmes – passa para o menu de alarmes;
- Perfil na pinça *Bihler* 1 – ativa/desativa a deteção de perfil de soldadura na pinça nº 1 do aparelho de eletrossoldadura acoplado à prensa (Figura 4.3);
- Perfil na pinça *Bilre* 2 – ativa/desativa a deteção de perfil de soldadura na pinça nº 2 do aparelho de eletrossoldadura acoplado à prensa (Figura 4.3);
- Perfil na pinça *Bilre* 1 – ativa/desativa a deteção de perfil de soldadura na pinça nº 1 do aparelho de eletrossoldadura acoplado à prensa (Figura 4.3);
- Fita de Latão – Ativa/desativa a vigilância do fim ou falta de matéria-prima metálica na alimentação da prensa.



Figura 4. 2 – Menu Principal da HMI



**Figura 4. 3** – Imagem de uma Pinça de Soldadura *Bihler*

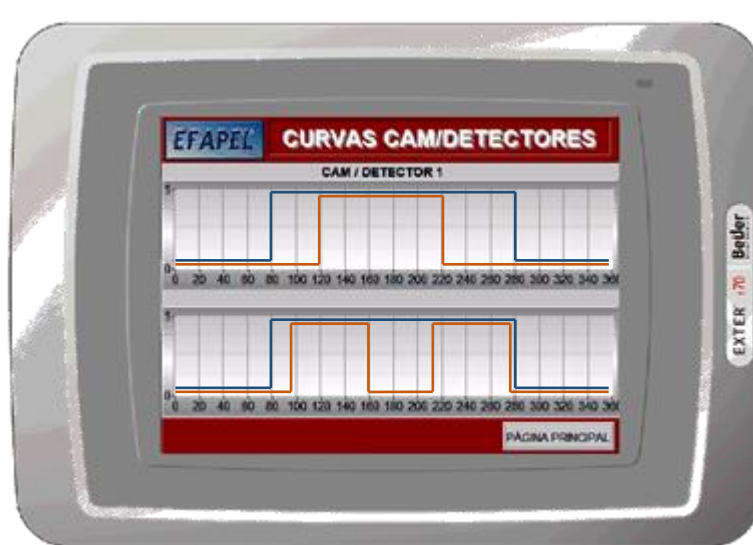
### 4.1.3. Menu Curvas

Neste menu apresentam-se os diagramas temporais de funcionamento em tempo real (*Trends*), mantendo-se representado sempre o último aquando da paragem por deteção de erro.

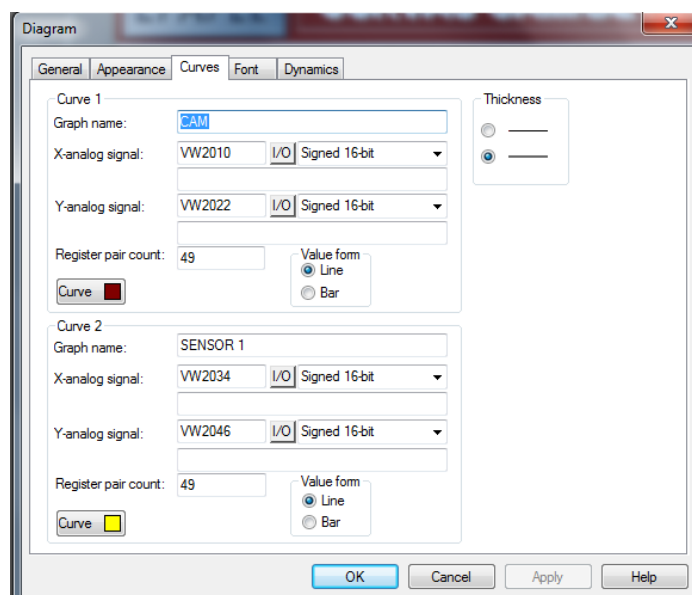
Para estas representações terem lugar, torna-se necessário criar pares de coordenadas (x,y) no programa do autómato armazenadas em variáveis que serão ligadas às dos *Trends* da HMI (ver exemplos da parametrização nas Figuras 4.5 e 4.6), para serem representadas nos respetivos diagramas (Figura 4.4).

O menu curvas (Figura 4.4) está dividido em duas áreas de representação gráfica em que se representarão duas curvas em cada uma delas:

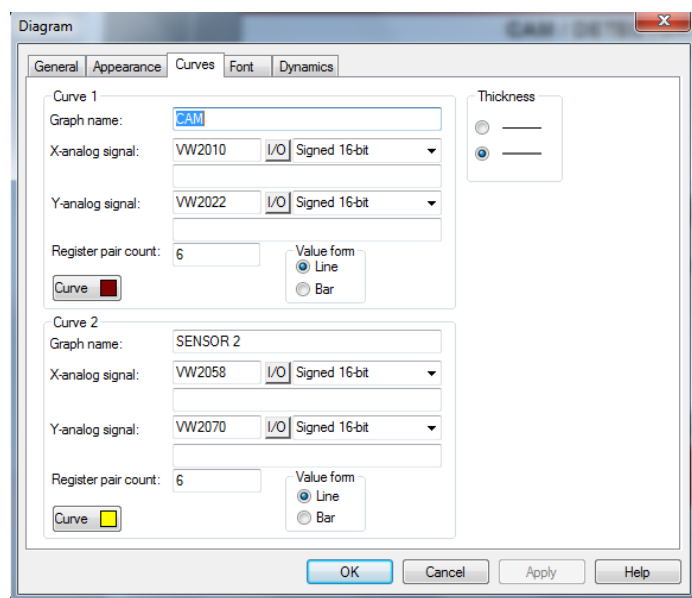
- *Came* e Detetor 1 (em cima);
- *Came* e Detetor 2 (em baixo).



**Figura 4. 4** – Menu das curvas da HMI



**Figura 4. 5** – Parametrização das curvas representadas no *Trends* da área superior do Menu das curvas da HMI



**Figura 4. 6** – Parametrização das curvas representadas no *Trends* da área inferior do Menu das curvas da HMI

#### 4.1.4. Menu Receita

Neste menu (Figura 4.7) são introduzidos todos os parâmetros que dizem respeito ao funcionamento e deteção de erro de cada uma das ferramentas. Na Figura 4.8 apresenta-se um exemplo de parametrização para um cortante genérico que se denominou como 672280 – Contacto Móvel 21, em que existem dois detetores, um que oscila durante os ciclos da máquina (detetor 1) e outro que está sempre ligado (detetor 2).

Para o detetor 1 parametrizou-se que deve apresentar pelo menos uma transição OFF-ON-OFF antes de entrar no intervalo de vigilância de erro, onde deve entrar desligado, ou seja, no estado (0).

O intervalo de vigilância inicia-se aos 55° da *came* e termina aos 120°. Dentro deste intervalo deve existir uma e uma só alternância OFF-ON-OFF do detetor e deve sair dele no estado de desligado.

Definiu-se ainda que o sistema deve estar desativado durante os primeiros dois ciclos da máquina, que deve parar no ponto morto superior quando existir erro e que deve vigiar apenas a falta de matéria-prima (fita de latão).



Figura 4. 7 – Menu Receita da HMI



Figura 4. 8 – Menu Receita da HMI – exemplo de parametrização

Todos os dados são introduzidos pelo operador e guardados em memória após pressão da tecla “GRAVAR RECEITA” (Figura 4.9), escolhendo se quer gravar como nova receita ou substituir uma existente (útil quando há a necessidade de alterar dados de um cortante já parametrizado).

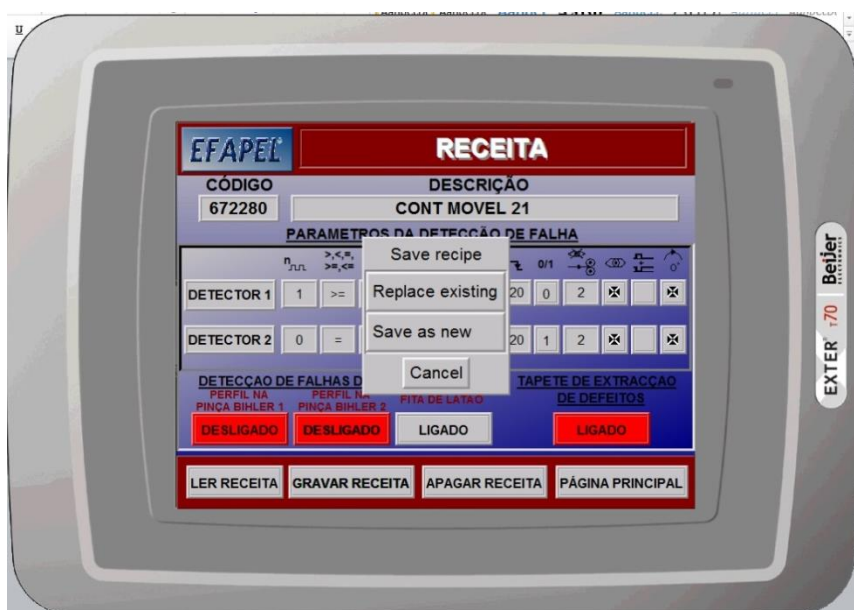
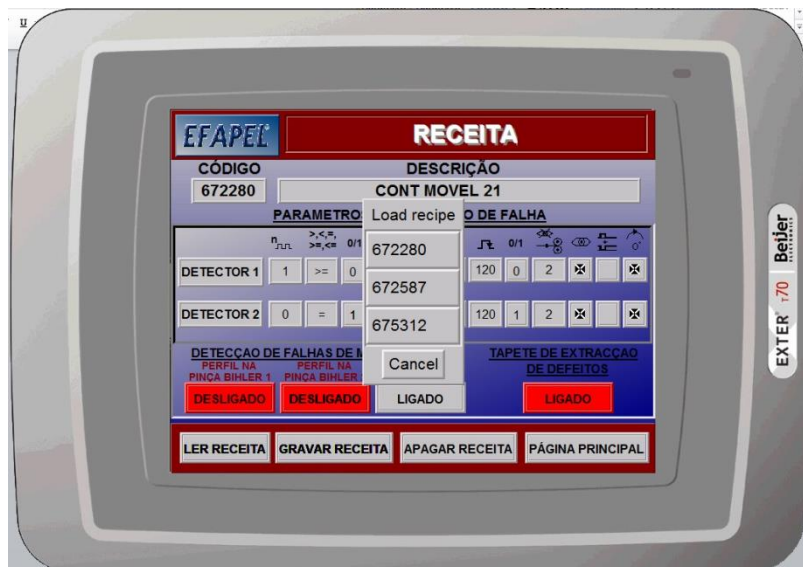


Figura 4. 9 – Menu Receita da HMI – Gravar receita



Após a gravação dos dados em memória, o operador pode aceder e carregar os dados para funcionamento, de qualquer receita já guardada, premindo a tecla “LER RECEITA” e seleccionando a referência desejada (exemplo da Figura 4.10).



**Figura 4. 10** – Menu Receita da HMI – Ler receita

Pode ainda apagar uma qualquer receita premindo a tecla “APAGAR RECEITA” e seleccionando a receita que se pretenda apagar (Figura 4.11)

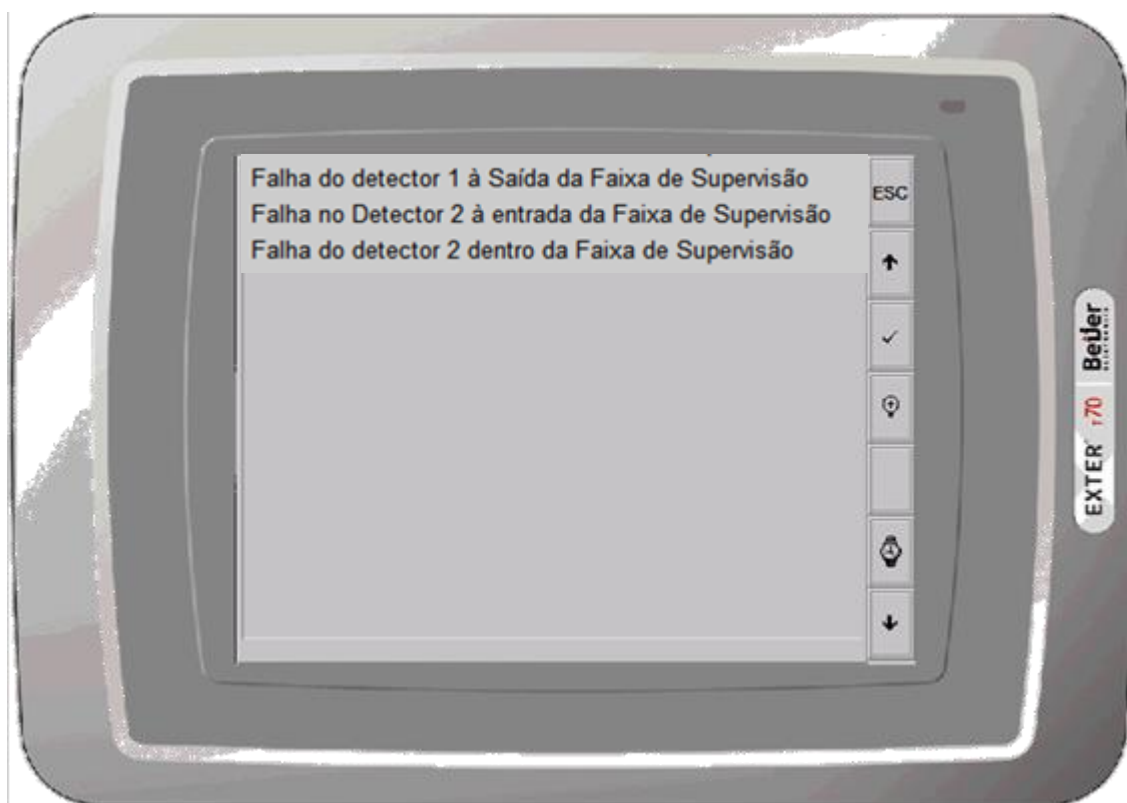


**Figura 4. 11** – Menu Receita da HMI – Apagar receita

Para alterar dados, o operador deve carregar a receita desejada, alterar os dados e gravar em seguida.

### 4.1.5. Menu Alarmes

Neste menu são apresentadas as mensagens relativas às falhas encontradas (Figura 4.12) conforme a lista que se apresenta na Figura 4.13.



**Figura 4. 12 – Menu Alarmes da HMI**

N...	Signal	A	Alarm Text	Ac...	Hi...	To...	Re...	Ack...	Re...
1	V10.0	1	Falha no Detector 1 à entrada da Faixa de Supervisão	YES	YES	NO	NO		
2	V10.1	1	Falha do detector 1 dentro da Faixa de Supervisão	YES	YES	NO	NO		
3	V10.2	1	Falha do detector 1 dentro da Faixa de Supervisão	YES	YES	NO	NO		
4	V10.3	1	Falha do detector 1 à Saída da Faixa de Supervisão	YES	YES	NO	NO		
5	V10.4	1	Falha no Detector 2 à entrada da Faixa de Supervisão	YES	YES	NO	NO		
6	V10.5	1	Falha do detector 2 dentro da Faixa de Supervisão	YES	YES	NO	NO		
7	V10.6	1	Falha do detector 2 dentro da Faixa de Supervisão	YES	YES	NO	NO		
8	V10.7	1	Falha do detector 2 à Saída da Faixa de Supervisão	YES	YES	NO	NO		
9	V11.0	1	Falha no Detector 1 fora da Faixa de Supervisão	YES	YES	NO	NO		
10	V11.1	1	Falha no Detector 1 fora da Faixa de Supervisão	YES	YES	NO	NO		
11	V11.2	1	Falha no Detector 2 fora da Faixa de Supervisão	YES	YES	NO	NO		
12	V11.3	1	Falha no Detector 2 fora da Faixa de Supervisão	YES	YES	NO	NO		
13	V11.4	1	Falta de Perfil de Soldadura na Pinça BIHLER Nº 1	YES	YES	NO	NO		
14	V11.5	1	Falta de Perfil de Soldadura na Pinça BIHLER Nº 2	YES	YES	NO	NO		
15	V11.6	1	Falta de Fita de Latão	YES	YES	NO	NO		

**Figura 4. 13 – Lista de Alarmes da HMI e variáveis de ligação ao PLC**



## 4.2. Ligação elétrica à Prensa

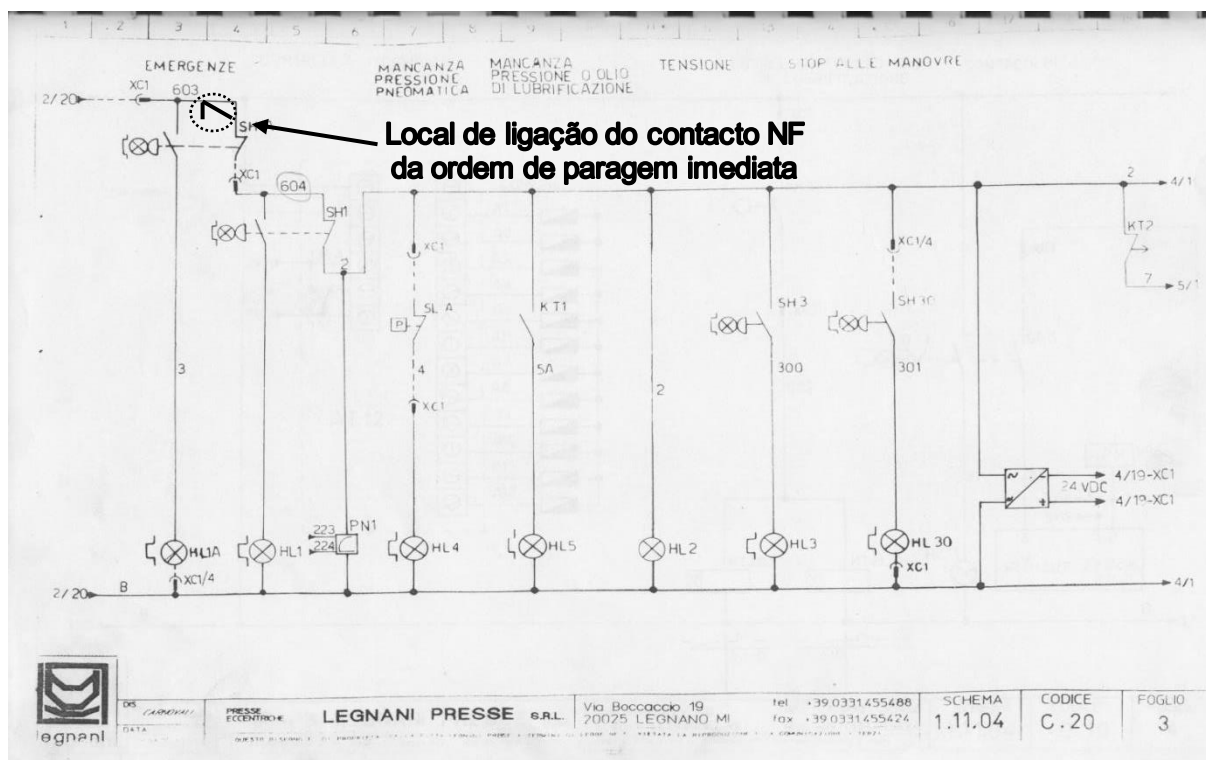
As Figuras 4.14 e 4.157 representam as partes do esquema elétrico da prensa onde foi necessário intervir. Estas ligações servem para interligar o quadro do sistema desenvolvido ao quadro da prensa e permitir a passagem das ordens de paragem do equipamento em caso de deteção de erro.

No circuito da Figura 4.14 foi colocado em série com o circuito de paragem de emergência um contacto normalmente fechado que é atuado perante um erro e se a opção da paragem imediata estiver seleccionada.

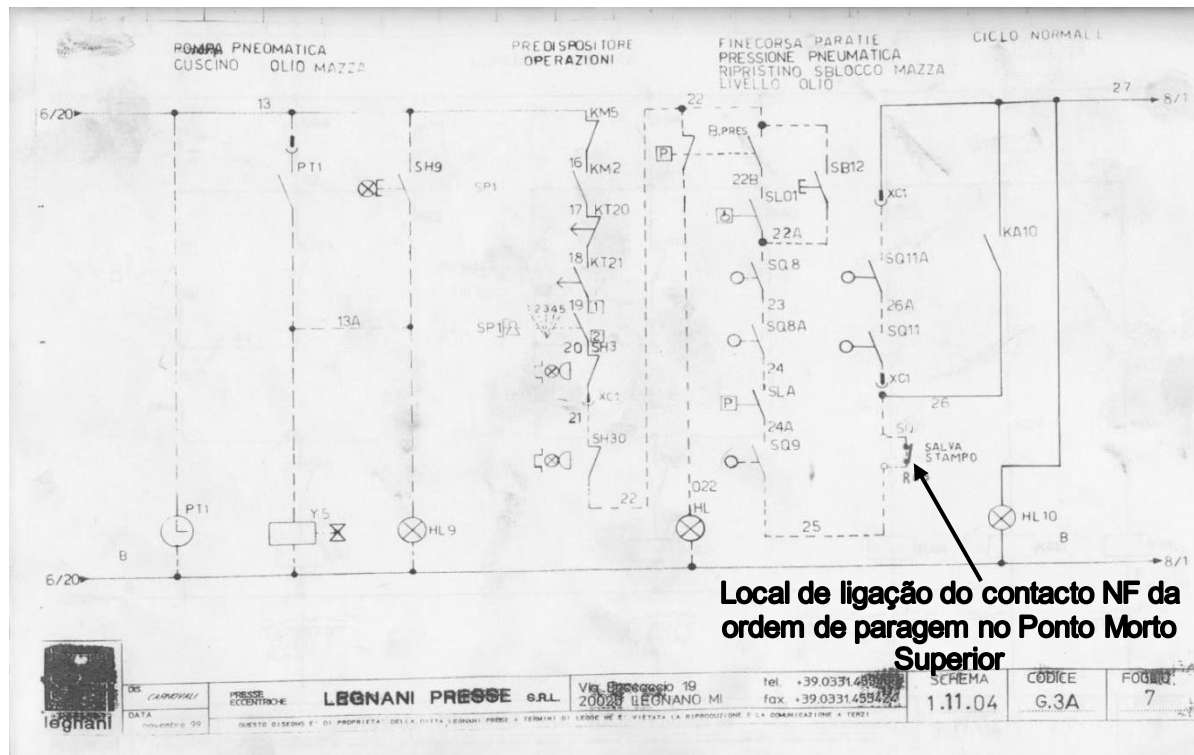
No circuito da Figura 4.15 foi colocado em série com o circuito de paragem de no PMS (Ponto Morto Superior) um contacto normalmente fechado que é atuado perante um erro e se a opção da paragem no PMS estiver seleccionada.

O tipo de contacto utilizado (NF - Normalmente Fechado) tem a ver com a parte do circuito onde se quer atuar e que, neste caso, se trata do circuito de segurança. Este género de circuito é obrigatoriamente conseguido através de contactos deste tipo (EN 418:1996, EN954:1996, Diretiva Máquinas 2006/42/CE, Diretiva Utilização de Equipamentos de Trabalho 89/655/CEE e complementos 95/63 CE) pois se se der a interrupção de uma qualquer parte do circuito, o equipamento não funciona, ficando em segurança para quem o opera. Devem ser sempre considerados pelo menos dois contactos em série para o comando da paragem de emergência da máquina a fim de garantir o funcionamento mesmo que um deles fique “colado”.

Em situações em que não seja possível a utilização de contactos NF e se tenha de utilizar contactos normalmente abertos (NA – Normalmente Aberto ou NO - *Normally Open*), ter-se-á de garantir uma redundância de nível 3 e a respetiva sinalização em caso de avaria, i.e., se, por exemplo, o sistema tiver sido conseguido com recurso a relés, ter-se-á de assegurar a existência de três relés com a mesma função e que, em caso de colagem dos contactos de qualquer um deles, a existência de um circuito auxiliar que garanta a respetiva sinalização de avaria.



**Figura 4. 14** – Folha 7 do Esquema Elétrico da prensa *Legnani* – Indicação da ligação do contacto que comanda a paragem imediata da máquina



**Figura 4. 15** – Folha 7 do Esquema Elétrico da prensa *Legnani* – Indicação da ligação do contacto que comanda a paragem da máquina no ponto morto superior

### 4.3. Seleção do PLC e especificação de entradas e saídas

Para a implementação das ações de monitorização, processamento e controlo do sistema, incluindo a interface com os sensores e a HMI de operador, selecionou-se um PLC *Siemens S7-200* com a CPU 214 (Figura 4.16). Esta seleção teve como origem a necessidade de se ter um equipamento de controlo que tivesse capacidades de processamento matemático devido à necessidade de gerar pares ordenados de informação a fornecer à HMI de forma a possibilitar a representação gráfica dos estado dos detetores em função do valor angular da *came* (posição da máquina em cada momento). Além disso, existia a dúvida se, num futuro próximo, não seria necessário obter maior precisão na leitura dos valores angulares da *came* da prensa. Isto obrigaria à troca do *encoder* (Figura 4.17) por outro de maior resolução e a um PLC que tivesse entradas rápidas que conseguissem discriminar esses sinais à sua maior frequência.

O *software* utilizado na sua programação foi o Simatic Step 7 – MicroWin 32 – V3.1.2.22 [52] e foi escolhido o *ladder* para a linguagem de programação.



Figura 4. 16 – PLC *Siemens S7-200*



Figura 4. 17 – *Encoder Lika I58S* (Anexo II)

O PLC utilizado tem 24 entradas digitais, sendo as três primeiras entradas com discriminação rápida, isto é, conseguem discriminar um sinal cuja frequência pode ir até aos 30 kHz. Tem ainda 16 saídas baseadas em transístor cuja vida útil é manifestamente superior à dos relés.

Apresenta-se na Tabela 4.2 a lista das entradas e saídas utilizadas no PLC. Todas as demais funcionam como reservas para futuras ampliações do sistema.

**Tabela 4. 2 – Lista de Entradas e Saídas no PLC**

Endereço	Ligação	Descrição
Entradas		
I0.0	Fio castanho	Encoder (Canal A)
I0.1	Fio azul	Encoder (Canal C)
I0.2	Fio branco	Encoder (Canal E – ponto zero)
I0.3	Cabo A – Fio 1	Detetor 1 (Cortante)
I0.4	Cabo A – Fio 2	Detetor 2 (Cortante)
I0.5	Cabo A – Fio 3	Detetor de falta de perfil de soldadura na pinça nº 1
I0.6	Cabo A – Fio 4	Detetor de falta de perfil de soldadura na pinça nº 2
I0.7	Cabo A – Fio 5	Detetor de falta de fita de latão (falta de matéria prima)
I1.0	Cabo A – Fio 6	Sinal da máquina em funcionamento em modo automático
I1.1	Cabo A – Fio 7	Sinal da <i>Came</i>
I1.2 – I2.7		Reservas
Saídas		
Q0.0	Cabo A – Fio 8	Paragem Imediata (Circuito de emergência)
Q0.1	Cabo A – Fio 9	Paragem Normal (no PMS)
Q0.2	Cabo A – Fio 10	Reposição ao PMS
Q0.3		Reserva
Q0.4	Cabo B – Fio 3	Tapete de extração de peças defeituosas
Q0.5 – Q1.7		Reservas

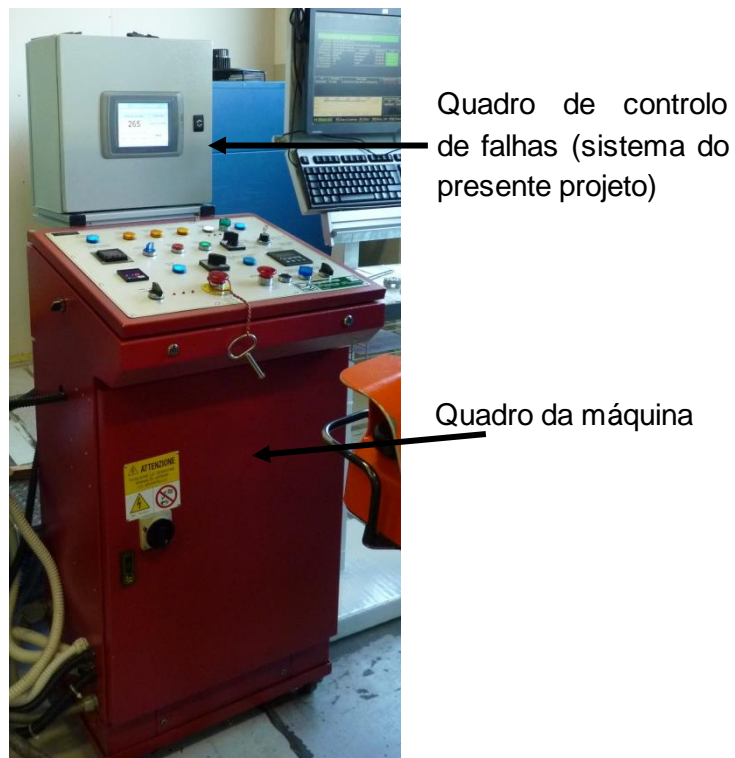
Relativamente ao *encoder* utilizado para determinar a posição instantânea do prato superior e assim identificar a fase do ciclo em que se encontra a prensa, tratou-se de um *encoder* incremental com 360 pulsos por revolução que, neste caso, foi considerado suficiente dado que permite uma discriminação do movimento grau a grau (apresentam-se as características no *datasheet* do *encoder* no Anexo II). Como o curso máximo do prato da prensa é de 550 mm, a cada grau corresponde um deslocamento máximo de 1.53 mm o que se considera suficiente para evitar danos perante uma qualquer paragem. O tempo de atuação máximo do sistema até à paragem imediata é de 15 ms a que corresponde um deslocamento após a deteção do erro de 0.12 mm, valor que não é suficiente para provocar danos nas ferramentas atualmente usadas nestas máquinas.

#### 4.4. Quadro de comando

O quadro de comando implementado neste sistema incorpora os componentes da lista da Tabela 4.3, interligados conforme o esquema das Figuras 4.20 a 4.25. Este quadro foi aplicado por cima do quadro de controlo e proteção da máquina de forma a ser facilmente acessível ao operador e facilitar as ligações entre o sistema e a máquina (Figura 4.18). Na Figura 4.19 apresenta-se uma imagem do interior do quadro de comando.

**Tabela 4. 3 – Lista do material a utilizar**

Marca - Referência	Descrição	Qtd
Lika I58S-Y-360-ZND26R	Encoder incremental de 360 pulsos por rotação	1 un
Siemens 6ES7 214 1BD23 0X0	PLC S7-200 da Siemens	1 un
Beijer Exter T70 Landscape 1.5x	Consola HMI	1 un
Siemens Sitop PSU100C 6EP1332-5BA00	Fonte de Alimentação 230VAC/24VDC 2,5A	1 un
Finder 38.52.7.024.0050	Relé + base - 230VAC/6A com bobina de comando de 24 VDC	4 un
Efapel 55616 2BC	Interruptor diferencial 16A/30mA	1 un
Efapel 55104 1BU	Disjuntor magneto-térmico de 4A/10kA	1 un
Gave	Porta fusíveis 8.5x31.5	
Gewiss ou outra	Caixa Plástica de distribuição elétrica 600x400	1 un
Wieland-eletric WTP 2.5/4 - 56.203.0055.0	Conectores de bornes para barra DIN	30 un
---	Barra DIN	1.2 m
Cabelte H07 V-F 1x0.5 mm <sup>2</sup>	Condutor tipo V 1x0.5	35 m
Policabos Olflex 7G0.5 mm <sup>2</sup>	Cabo multicondutor numerado	20 m



**Figura 4. 18** – Fotografia da montagem do quadro de controlo



**Figura 4. 19** – Fotografia do interior do quadro de comando

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<h1>Esquema Eléctrico</h1> <h2>Quadro de segurança de cortantes</h2> <h3>Prensa Nº 02 30T LEGNANI</h3> <h3>Cod. Equip.: 675242</h3>									
<b>EFAPEL®</b> Desenhado Aprobado Revisado: ---		Nome	Data	Equipamento	675242 Prensa Nº. 02 30 T LEGNANI	Observações	Código Equipamento	675242	
		Designação	Designação	Esquema Eléctrico - Quadro de segurança de cortantes	Desenho nº		675242-2011-3002		
					Folha		1		
					Nº de folhas		5		

**Figura 4. 20** – Folha 1 (de face) do Esquema Elétrico do quadro de controlo

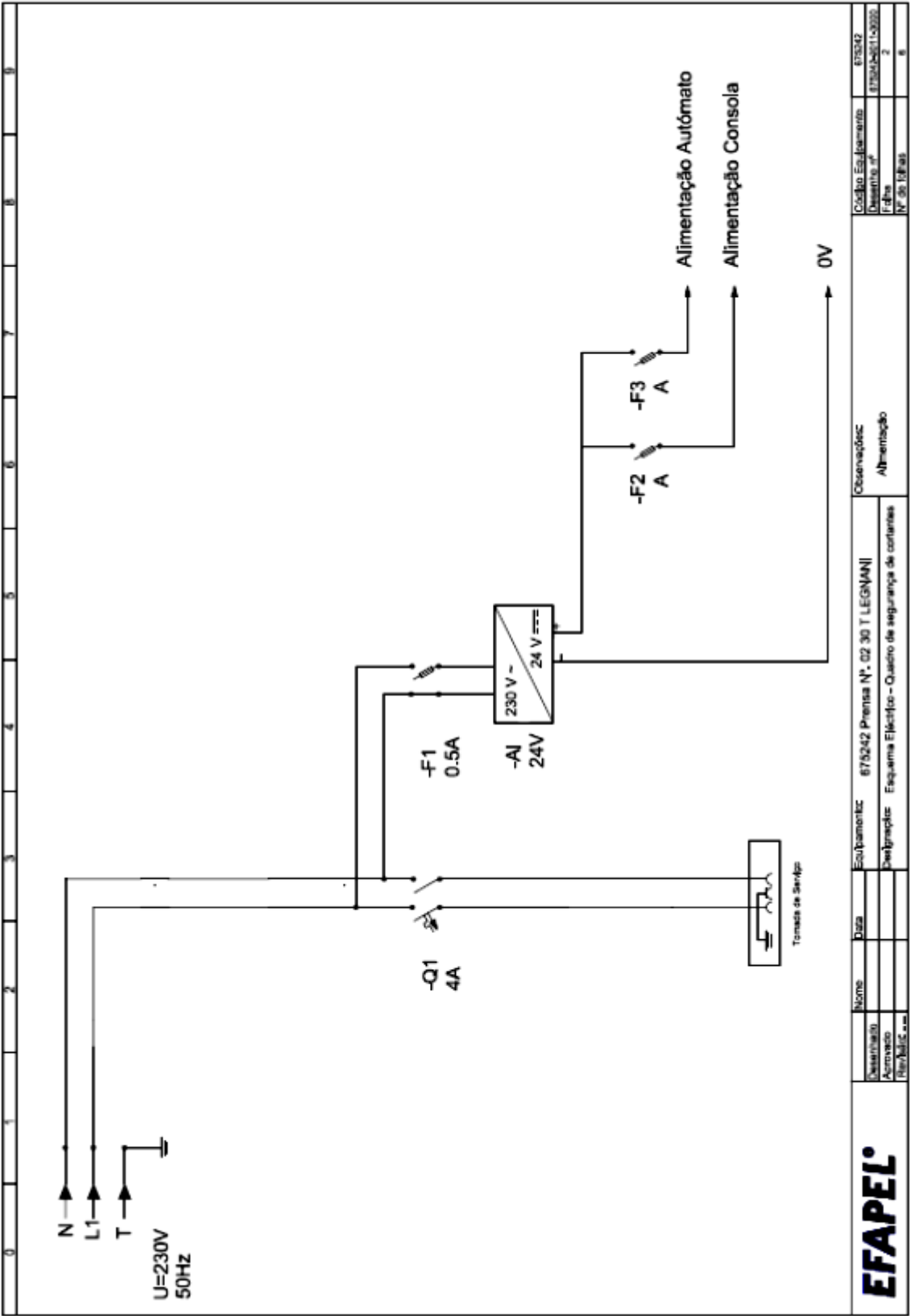


Figura 4. 21 – Folha 2 do Esquema Elétrico do quadro de controlo



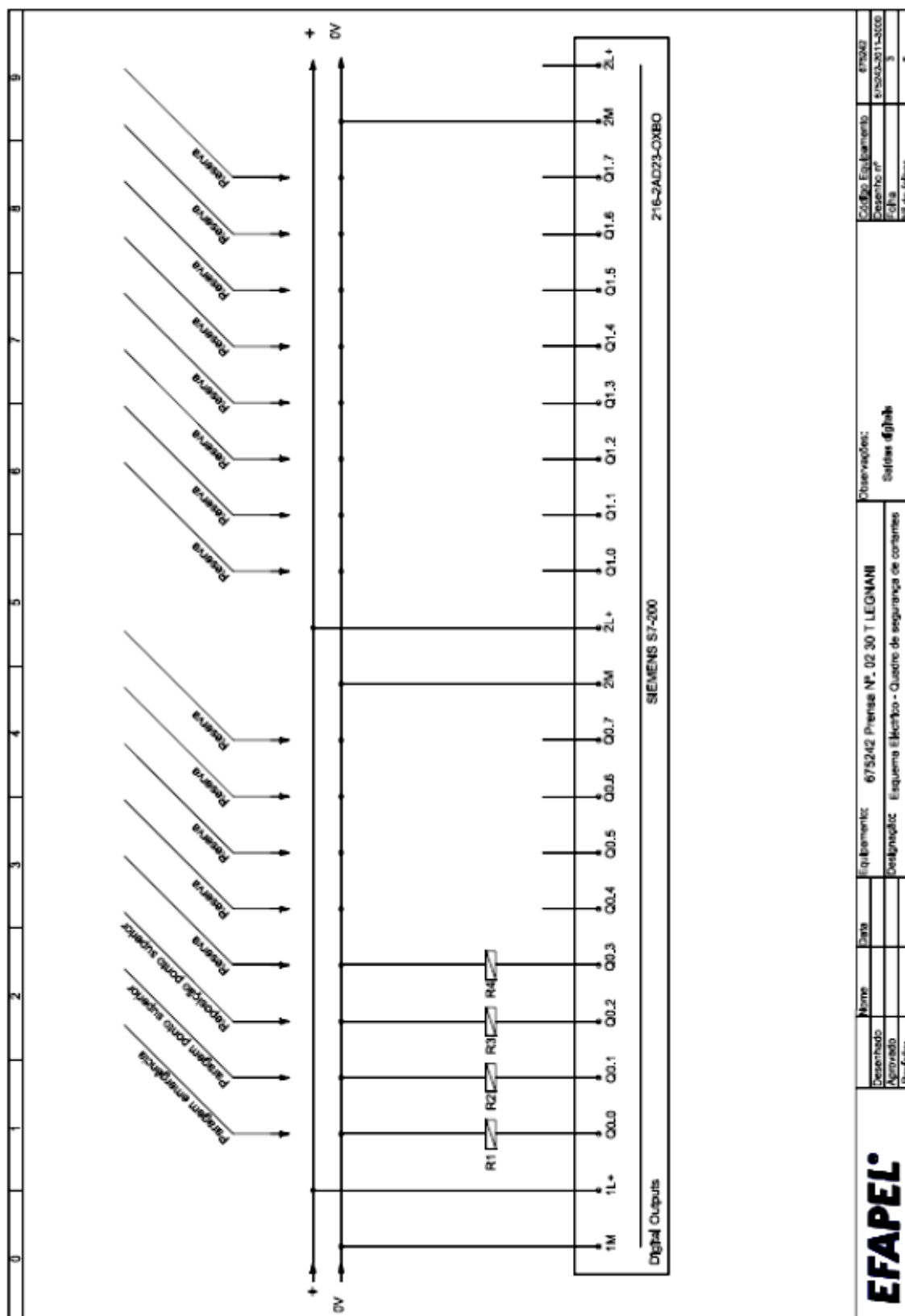


Figura 4. 22 – Folha 3 do Esquema Elétrico do quadro de controle

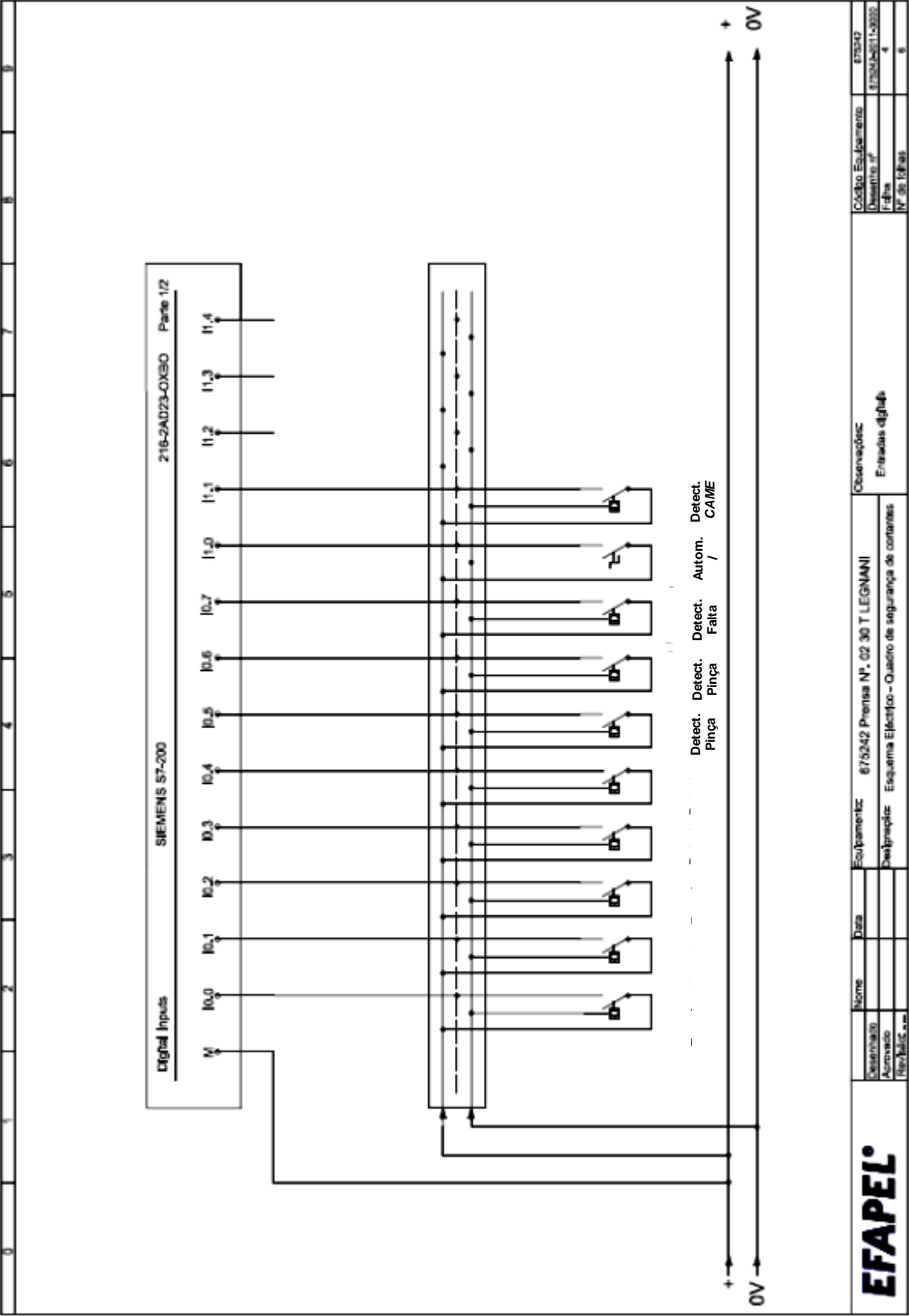
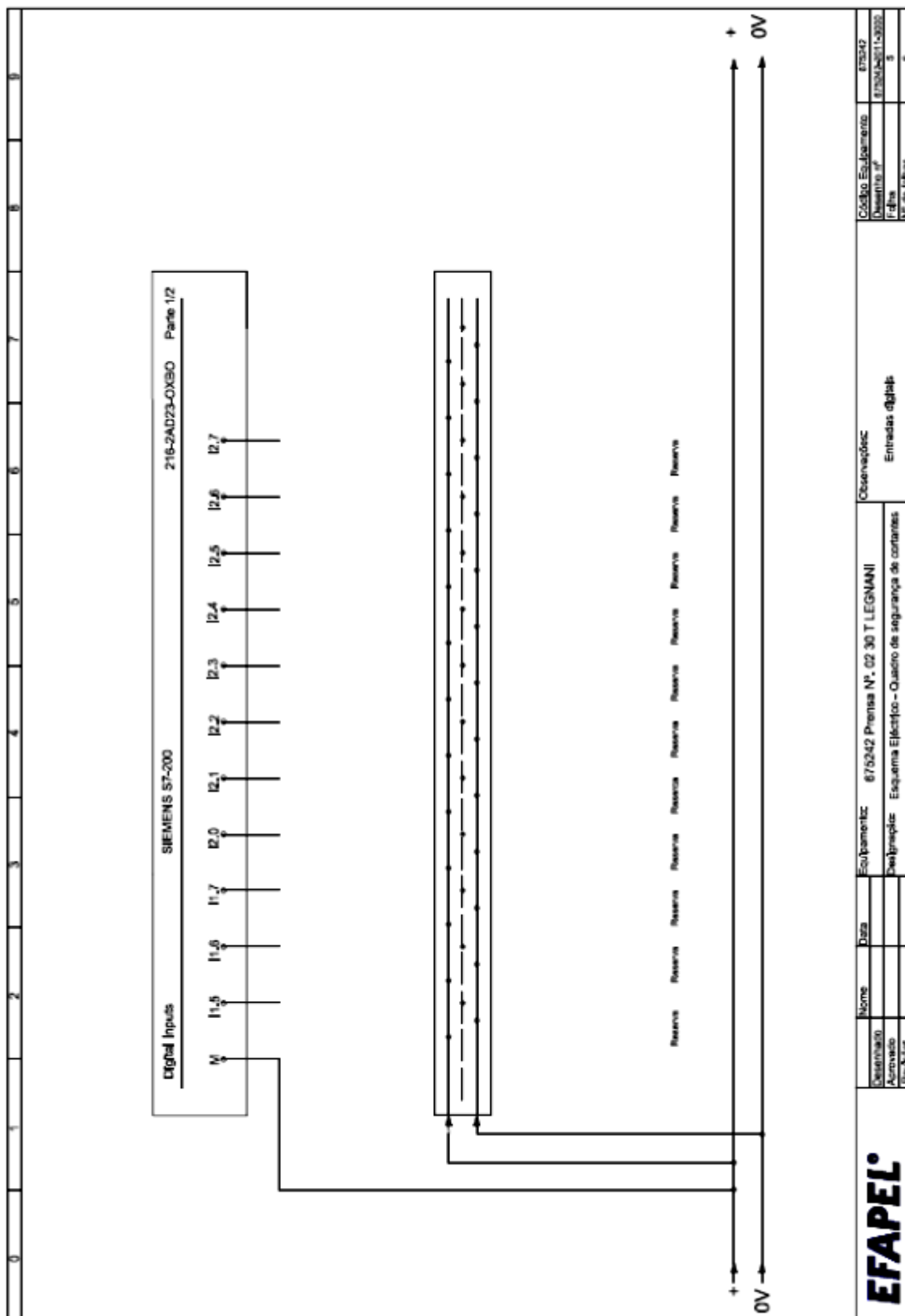


Figura 4. 23 – Folha 4 do Esquema Elétrico do quadro de controlo



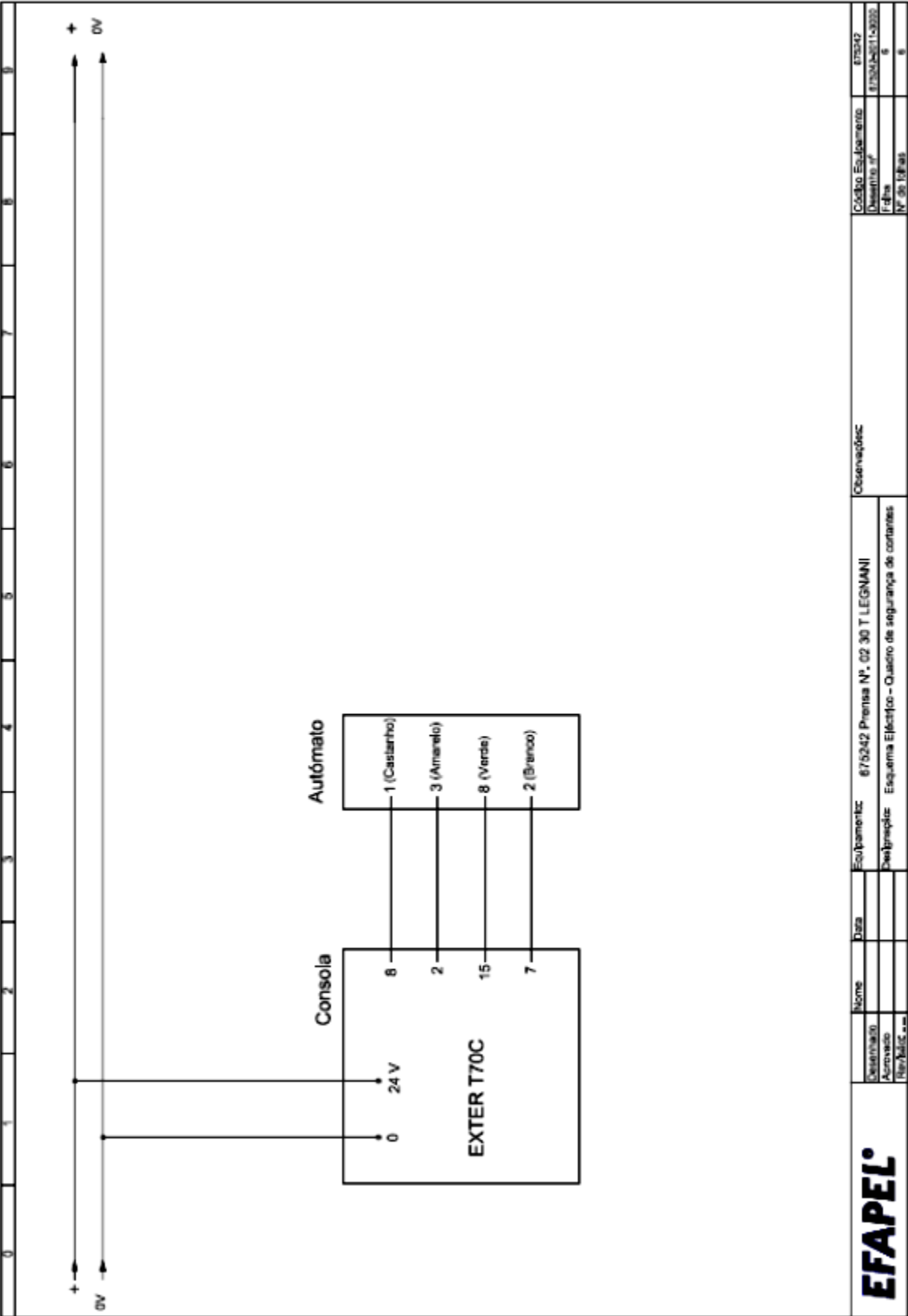
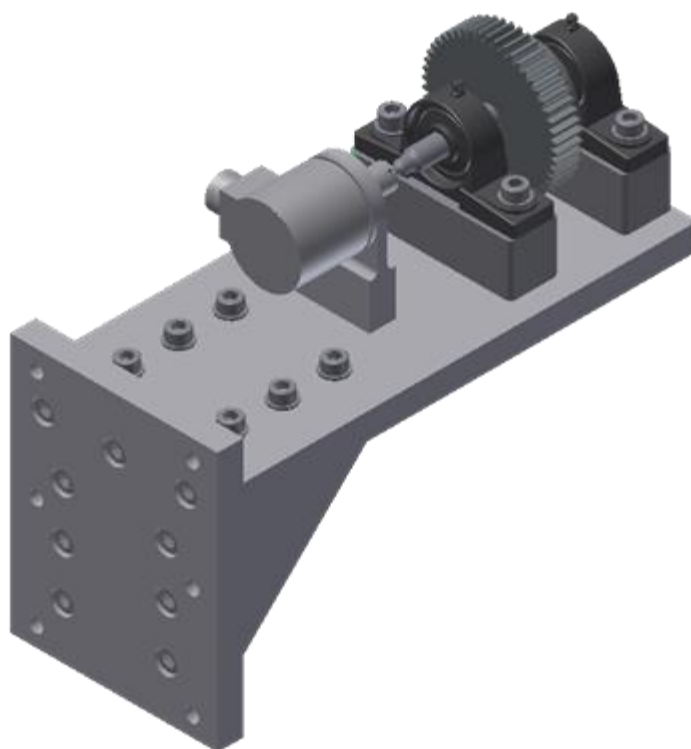


Figura 4. 25 – Folha 6 do Esquema Elétrico do quadro de controlo

#### 4.5. Desenhos das peças mecânicas de apoio

Foi necessário desenhar, fabricar e instalar um apoio mecânico para aplicar o *encoder* no eixo da máquina a fim de efetuar a medida angular da posição da *came* da máquina e com isto saber a cada momento em que fase do ciclo se encontra a prensa.

O desenho foi efetuado no Departamento de Conceção em INVENTOR 2014, e entregue *à posteriori* ao Desenvolvimento para maquinação das peças necessárias (Figura 4.26).



**Figura 4. 26** – Vista 3D do sistema de apoio mecânico do *encoder* na prensa

#### 4.6. Fluxogramas do *software* a implementar em PLC.

Para que fosse possível efetuar a programação do autómato com o mínimo de erros e garantindo o cumprimento dos objetivos, desenhou-se um primeiro fluxograma genérico (Figura 4.27) que foi depois pormenorizado num outro fluxograma detalhado (Figuras 4.28 a 4.34), servindo este último como plataforma para o desenvolvimento do *software* que se implementou no PLC (Anexo I).

O fluxograma genérico estabelece o fluxo essencial do programa. Após o arranque o PLC deve inicializar as memórias, o contador rápido (HSC – *High Speed Counter*) e as opções do utilizador que podem influenciar o ciclo (como por exemplo se existe a pretensão de inverter a lógica do sinal recebido dos detetores. Isto permite ao utilizador utilizar temporariamente detetores normalmente abertos aquando por avaria e falha eventual não tenha disponíveis detetores com contacto normalmente fechado – isto é possível por não se tratar de proteção de pessoas).

Durante o funcionamento da máquina, o PLC deve memorizar permanentemente a posição angular da máquina dada pelo *encoder* (posição que define a cada momento o ponto onde se encontra o prato superior da prensa) e memorizar as posições angulares onde existe sinal dos detetores de forma a criar os pares ordenados necessários para o traçar das curvas de funcionamento na HMI.

Ainda durante o funcionamento o PLC deve efetuar uma vigilância do erro segundo os parâmetros que recebe da receita carregada pelo utilizador na HMI. Caso detete que existiu alguma diferença entre os intervalos angulares em que deve receber os sinais dos detetores (intervalo dado pelos parâmetros do utilizador) e os que na realidade correspondem aos dos sinais que recebeu deve ativar uma ordem de paragem da máquina, ordem esta que deve ser do tipo da pré-selecionada pelo operador: paragem imediata ou paragem no PMS. Este tipo de ordem deve ser dado também quando exista sinal de falta de matéria-prima nos alimentadores da máquina.

No caso de erro, deve ser possível o *Reset* perante a pressão da respetiva tecla virtual existente na HMI.

O programa contempla ainda a reposição ao PMS por pressão da respetiva tecla virtual existente na HMI.

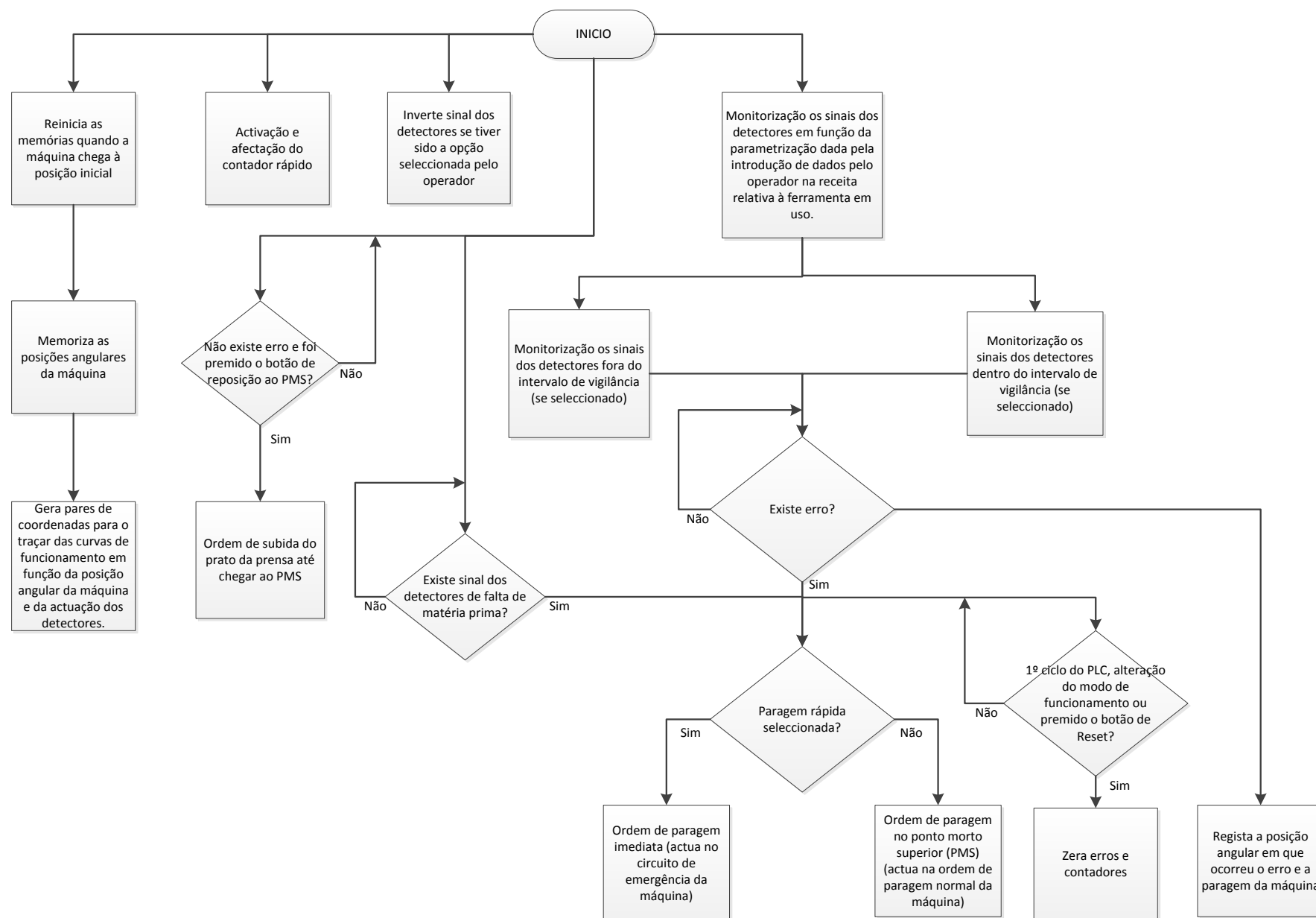


Figura 4. 27 – Fluxograma genérico do programa a implementar no PLC

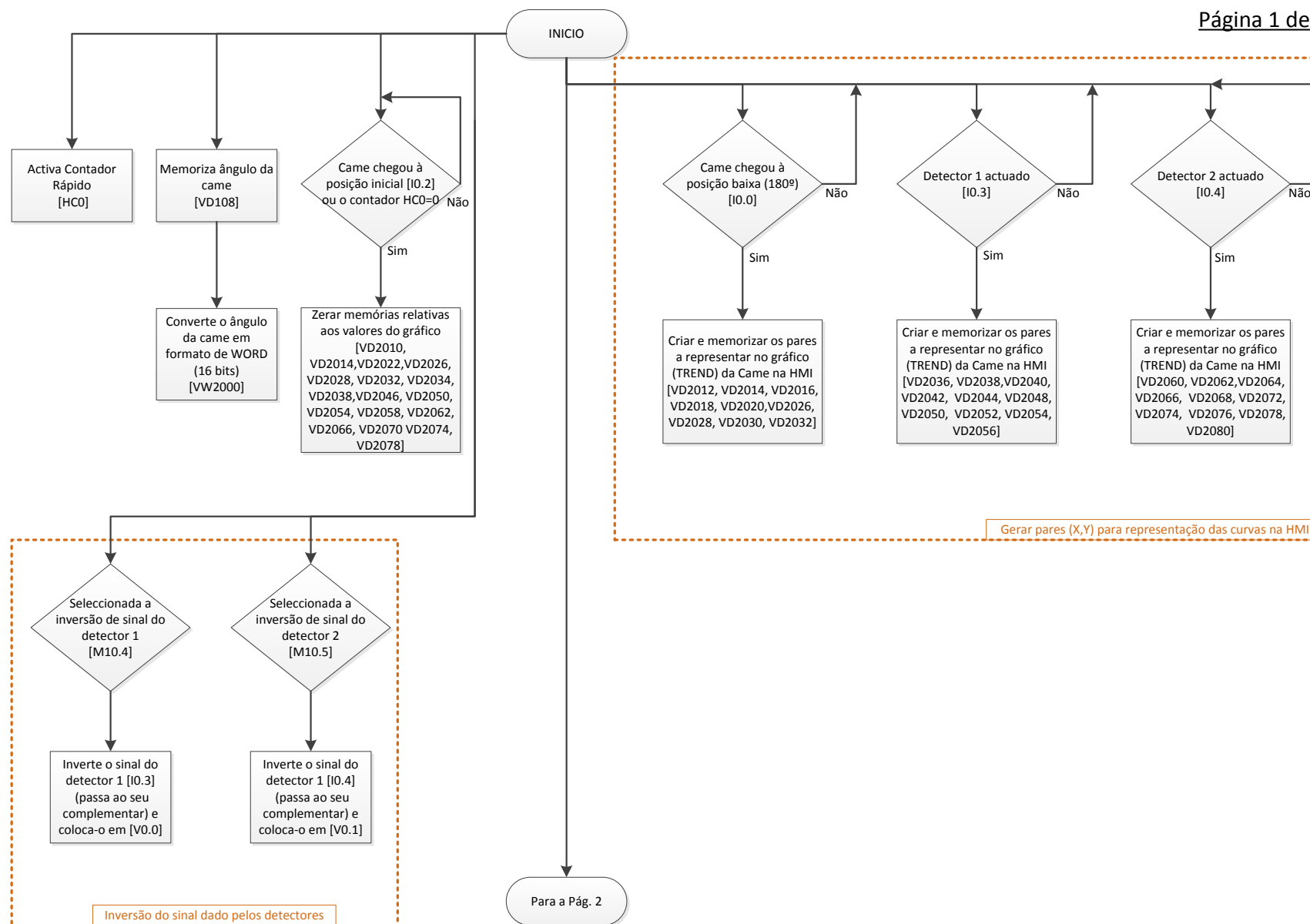


Figura 4. 28 – Fluxograma pormenorizado do programa do PLC – pág. 1



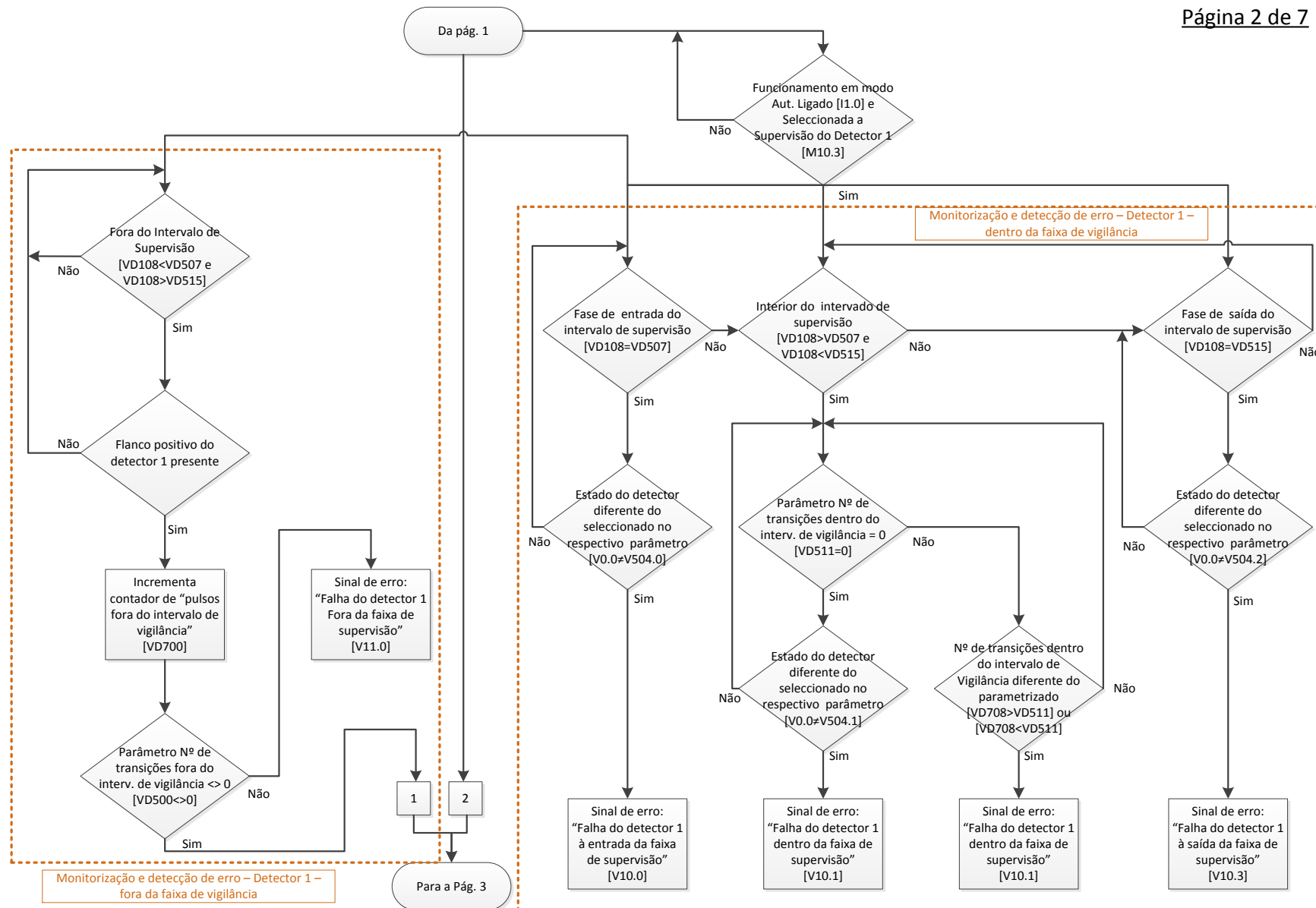


Figura 4. 29 – Fluxograma pormenorizado do programa do PLC – pág. 2

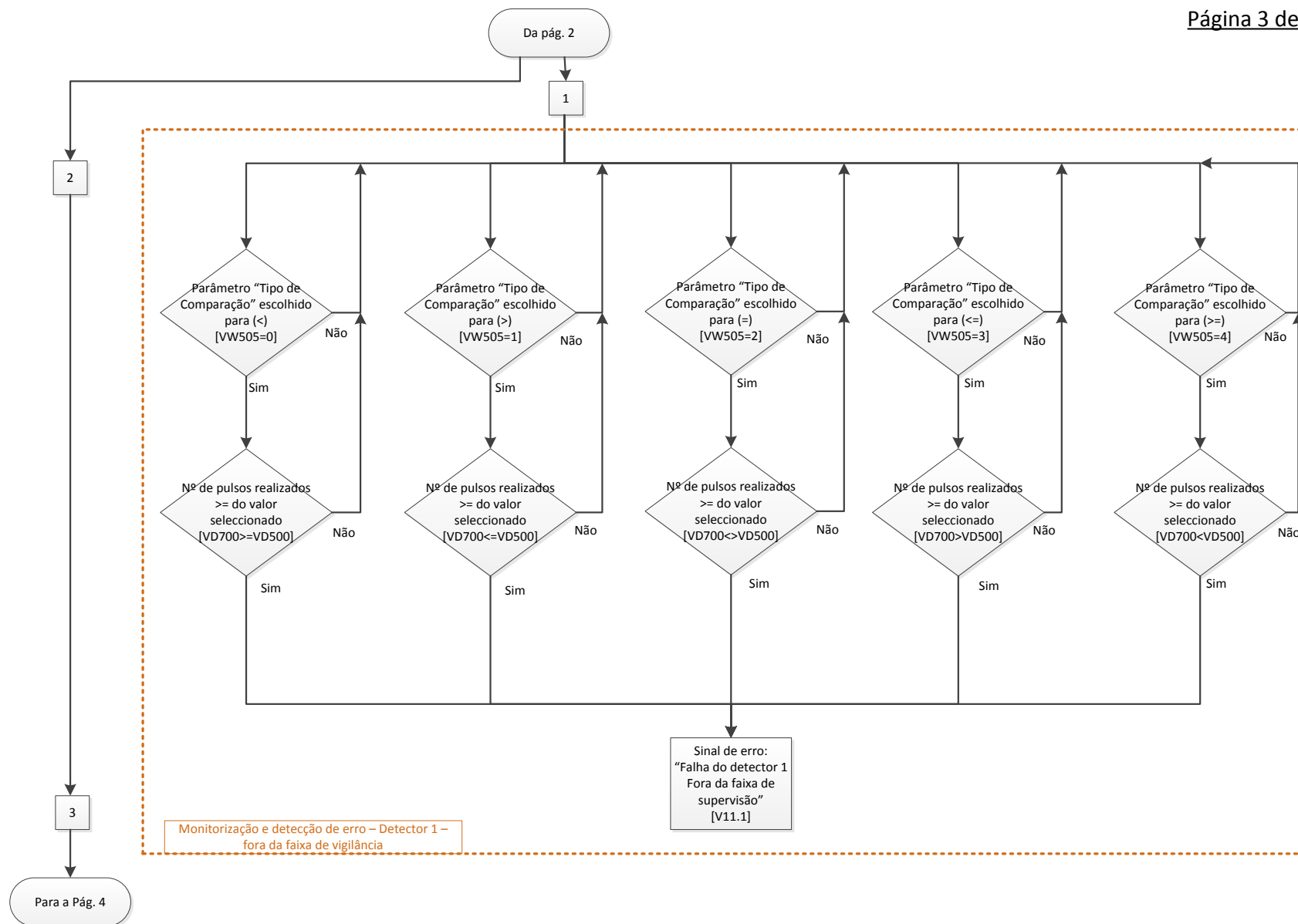


Figura 4. 30 – Fluxograma pormenorizado do programa do PLC – pág. 3

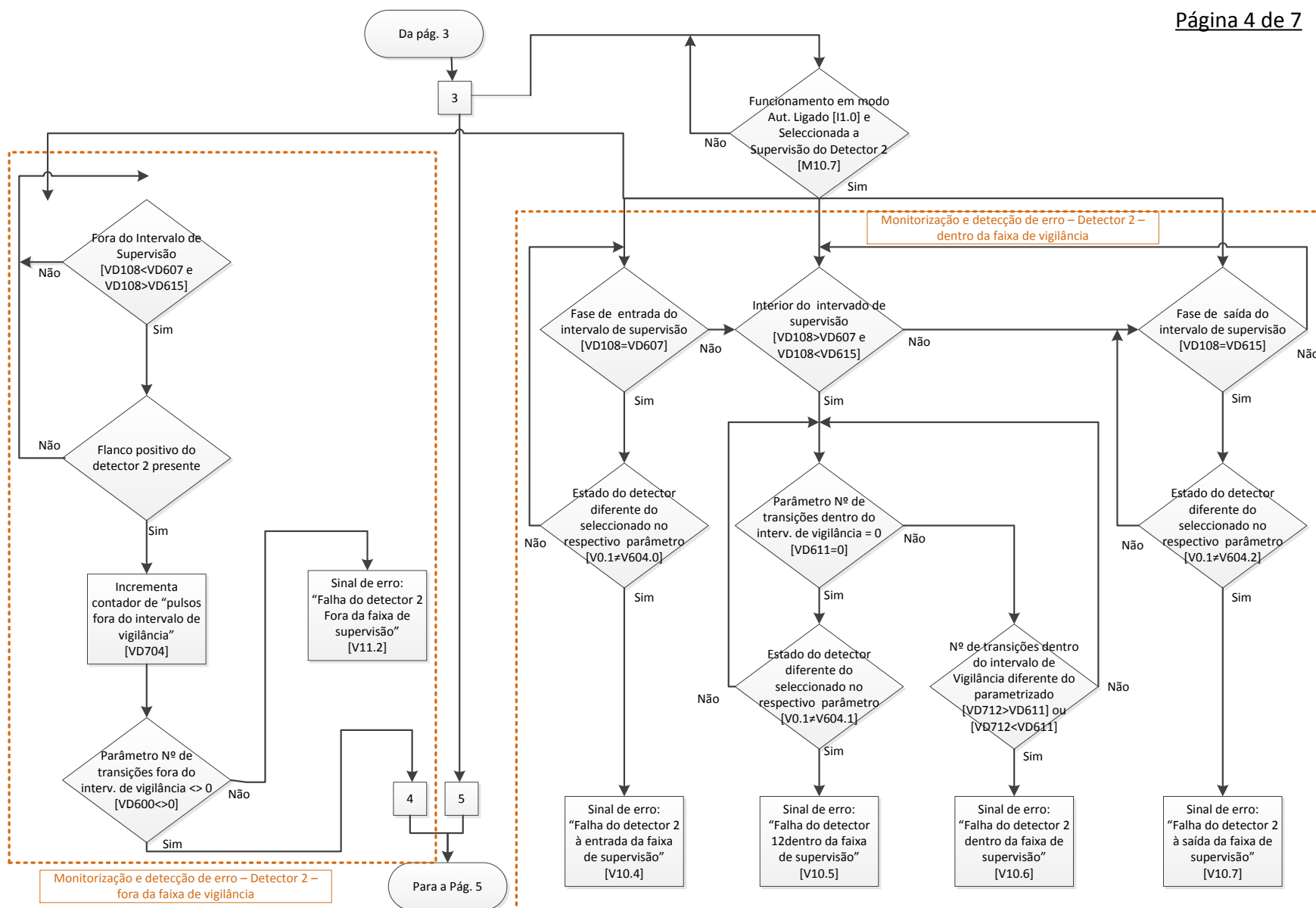


Figura 4. 31 – Fluxograma pormenorizado do programa do PLC – pág. 4

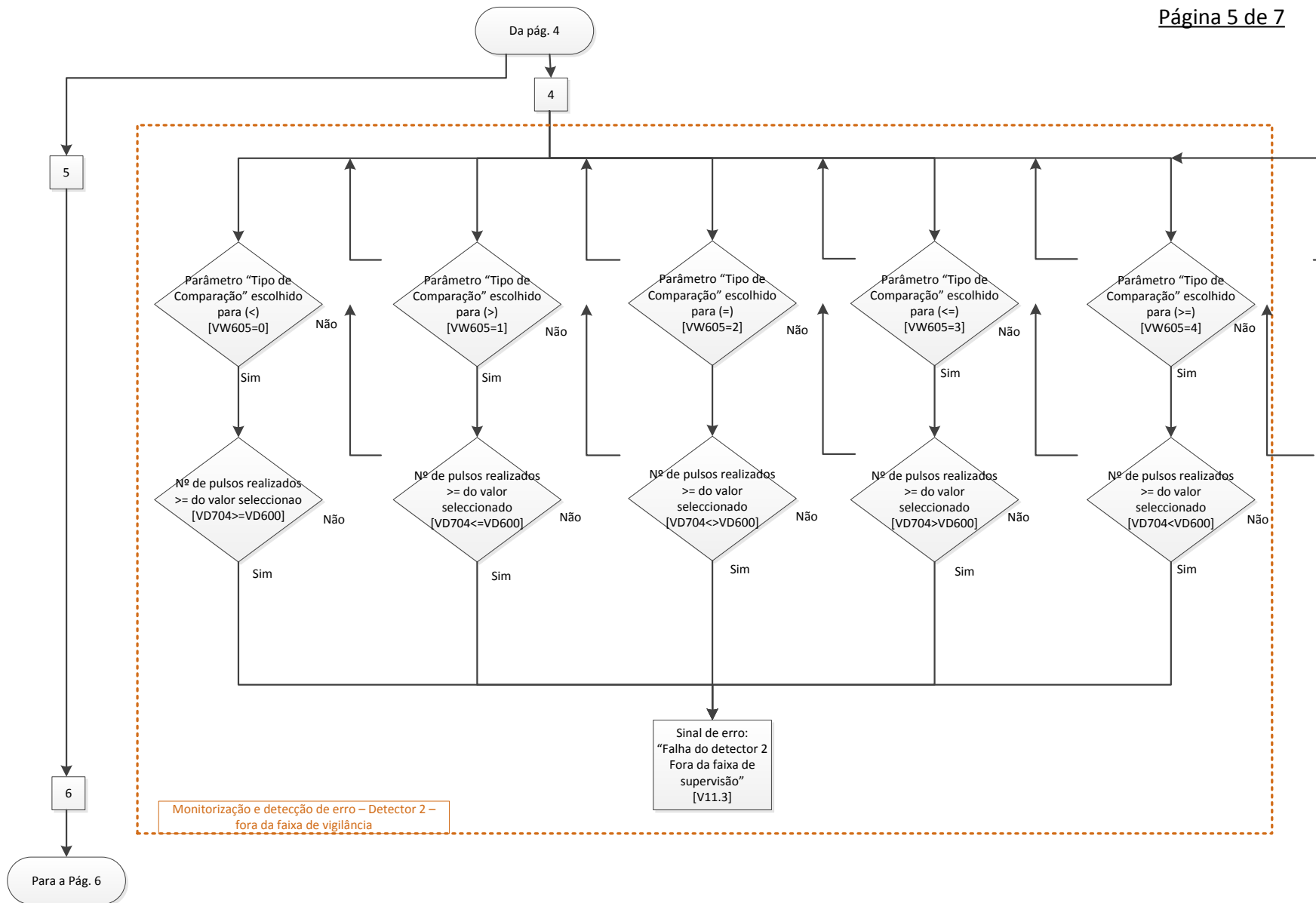


Figura 4. 32 – Fluxograma pormenorizado do programa do PLC – pág. 5

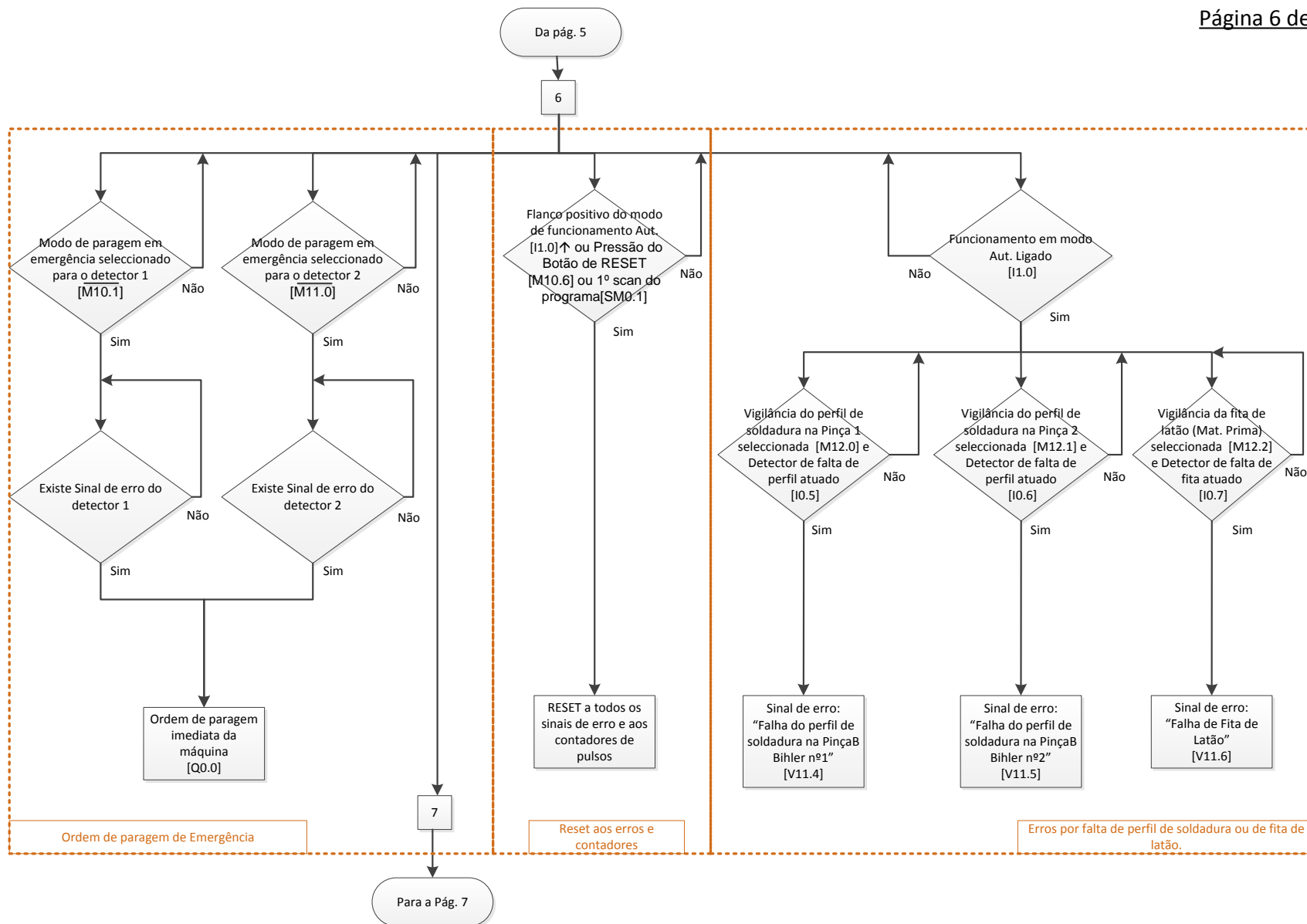


Figura 4. 33 – Fluxograma pormenorizado do programa do PLC – pág. 6

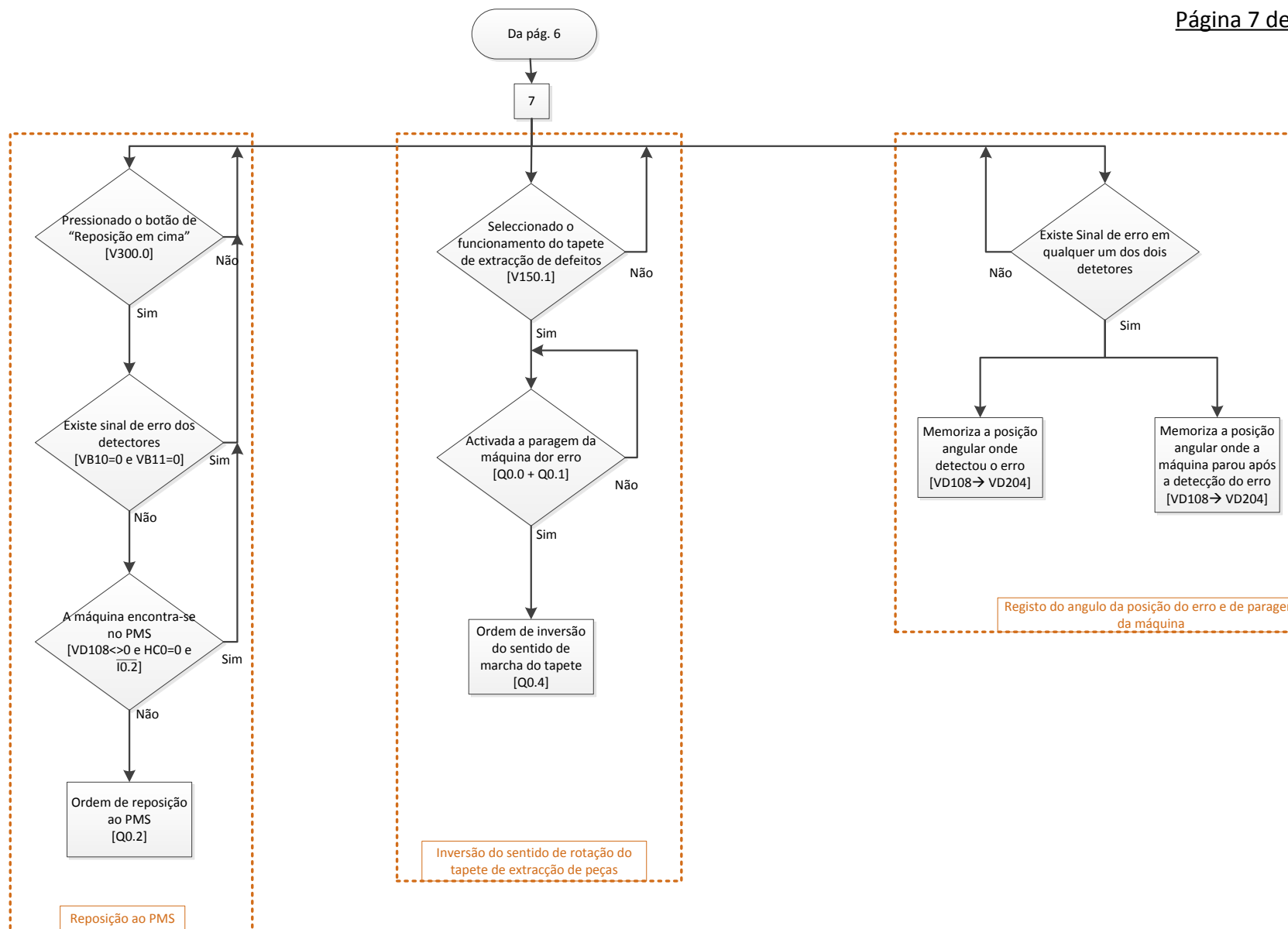


Figura 4. 34 – Fluxograma pormenorizado do programa do PLC – pág. 7

## 4.7. Testes e validação

O sistema foi implementado e ensaiado com cada um dos cortantes a utilizar na prensa.

Para avaliação do impacto do sistema na realidade da Secção de Estampagem onde foi implementado, pensou-se efetuar uma análise estatística das falhas não detetadas, no entanto não foi necessário pois o sistema detetou sempre corretamente todas as anomalias que ocorreram no período de validação, tendo sido aprovado pela Direção de Produção.

O impacto obtido em termos de eliminação de escória devida a produto não conforme produzido por erro não detetado foi de 100%. A partir da instalação do sistema, nunca mais existiu um erro na prensa não detetado e, portanto, não houve mais produção não conforme devida a este motivo. Adicionalmente as paragens por quebra de punções ou danos nas ferramentas diminuíram em 98%, sendo que as que persistiram são devidas exclusivamente ao adiamento das manutenções preventivas por motivos de necessidade de produção imediata.

Como o sistema apresentou bons benefícios económicos foi decidida a sua implementação nas outras duas prensas do mesmo tipo que existem na Secção de Estampagem da Efapel.

À data de conclusão deste trabalho está-se a aumentar a abrangência do sistema desenvolvido neste projeto incluindo um controlo da lubrificação da matéria-prima em função dos passos efetuados pela máquina, assim como o controlo dos sistemas de extração de escória de forma a garantir também que, por esquecimento ou distração, não existe acumulação que ponha em risco a ferramenta.





## 5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A Efapel no seu percurso para um desenvolvimento e crescimento sustentável promove um esforço permanente na melhoria contínua da sua eficiência ambiental, energética e produtiva. O estágio realizado na empresa enquadrou-se no âmbito da equipa de IDI Processo que tem como responsabilidades exatamente tudo o que tem a ver com a melhoria contínua, a manutenção de equipamentos e o desenvolvimento de novos equipamentos e processos. Dentro das funções do departamento, o estágio gerou oportunidades de participação e mesmo de responsabilidade pela implementação de melhorias ao nível do consumo energético da empresa (conforme descrito na Secção 2.3) que tiveram resultados gerais muito positivos, tendo permitido que a empresa se tenha mantido ainda abaixo dos 500 tep apesar do crescimento e da implementação de novos processos com um consumo de energia significativo (como por exemplo uma nova Secção para tratamento de vidro cujo consumo ronda os 60 kWh). Assim a Efapel ainda não foi considerada um Consumidor Intensivo de Energia em 2014, ao abrigo do SGCIE (DL 71/2008 de 15 de Abril) [26].

No entanto, a maior responsabilidade tomada durante o estágio foi a de desenvolver o Sistema de Controlo de Segurança para implementação nas máquinas de estampagem mais antigas, tendo como finalidade principal a eliminação dos problemas de geração de escória, de material com defeito e de avarias por dano provocado nas ferramentas quando existe uma falha no passo da máquina. Este era um problema grave que afetava fortemente o custo do produto final e que originava tempos significativos de paragem por avaria. Este sistema foi o alvo principal deste relatório e foi apresentado detalhadamente no Capítulo 3 e no Capítulo 4.

Os ganhos alcançados com o presente projeto, em questões de qualidade e fiabilidade do processo foram totais. Deixaram de existir paragens dos equipamentos devido aos problemas de falha de passo assim como deixou de existir componente defeituoso e escórias produzidas devido a este tipo de falhas. A partir da instalação do sistema, nunca mais existiu um erro não detetado na prensa e a eliminação de escória devida a produto não conforme produzido por erro não detetado foi de 100%. Adicionalmente, as paragens por quebra de punções ou danos nas ferramentas diminuíram em 98%. Foi ainda assim com o desenvolvimento deste projeto colmatada a dificuldade em encontrar fornecedores capazes de satisfazer a necessidade deste tipo de sistemas com a qualidade requerida.

Os excelentes resultados ao nível da produtividade e disponibilidade do equipamento garantiram assim uma contribuição para o aumento da capacidade produtiva.

Os resultados foram superiores ao perspectivado, de tal forma que determinaram a decisão da empresa em replicar o sistema para as outras duas prensas do mesmo tipo existentes na Secção de Estampagem.

Como perspectivas futuras, pensa-se já em implementar melhorias, alterando o controlo para possibilitar a instalação de dois novos sistemas integrados com este:

- Um sistema de aspiração dos resíduos gerados pela produção, que continuam a entupir os respetivos canais de saída nas ferramentas e provocam danos ocasionais nos punções de corte. O controlo garantirá que a máquina não trabalha sem que este sistema esteja ligado;
- Um sistema automático de lubrificação da matéria-prima, controlado em função dos passos dados pela máquina e função do tipo de produto em fabrico.

A realização deste trabalho permitiu obter uma melhor perceção na realidade do que se faz na prática *versus* em projeto. Possibilitou, ainda, aplicar e aperfeiçoar conceitos em desenvolvimento de equipamentos.

O sucesso do estágio muito se deve à colaboração dos colegas de trabalho, que em muito contribuíram através da partilha de conhecimentos e experiências.

A melhoria contínua é uma constante numa empresa que tem como objetivo ser uma referência no seu sector de negócio. Assim, a melhoria dos processos produtivos atuais, bem como o desenvolvimento de novos processos serão uma realidade inevitável que permitirá à empresa continuar a crescer a nível de negócio e aos seus colaboradores a nível profissional e pessoal. De forma a cumprir o objetivo da melhoria contínua, a Efapel faz um investimento todos os anos na formação e qualificação profissional e pessoal dos seus colaboradores.

Este período constituiu uma oportunidade única para estabelecer contacto com os problemas com que um departamento de produção de estampados metálicos se depara, num mercado tão concorrencial e competitivo como é o da indústria de produtos elétricos.

Por fim, este Projeto possibilitou a aplicação de conhecimentos adquiridos durante a frequência do mestrado, aprofundar o conhecimento da realidade de uma unidade industrial e o enriquecimento diário em termos técnicos e pessoais.

## REFERÊNCIAS

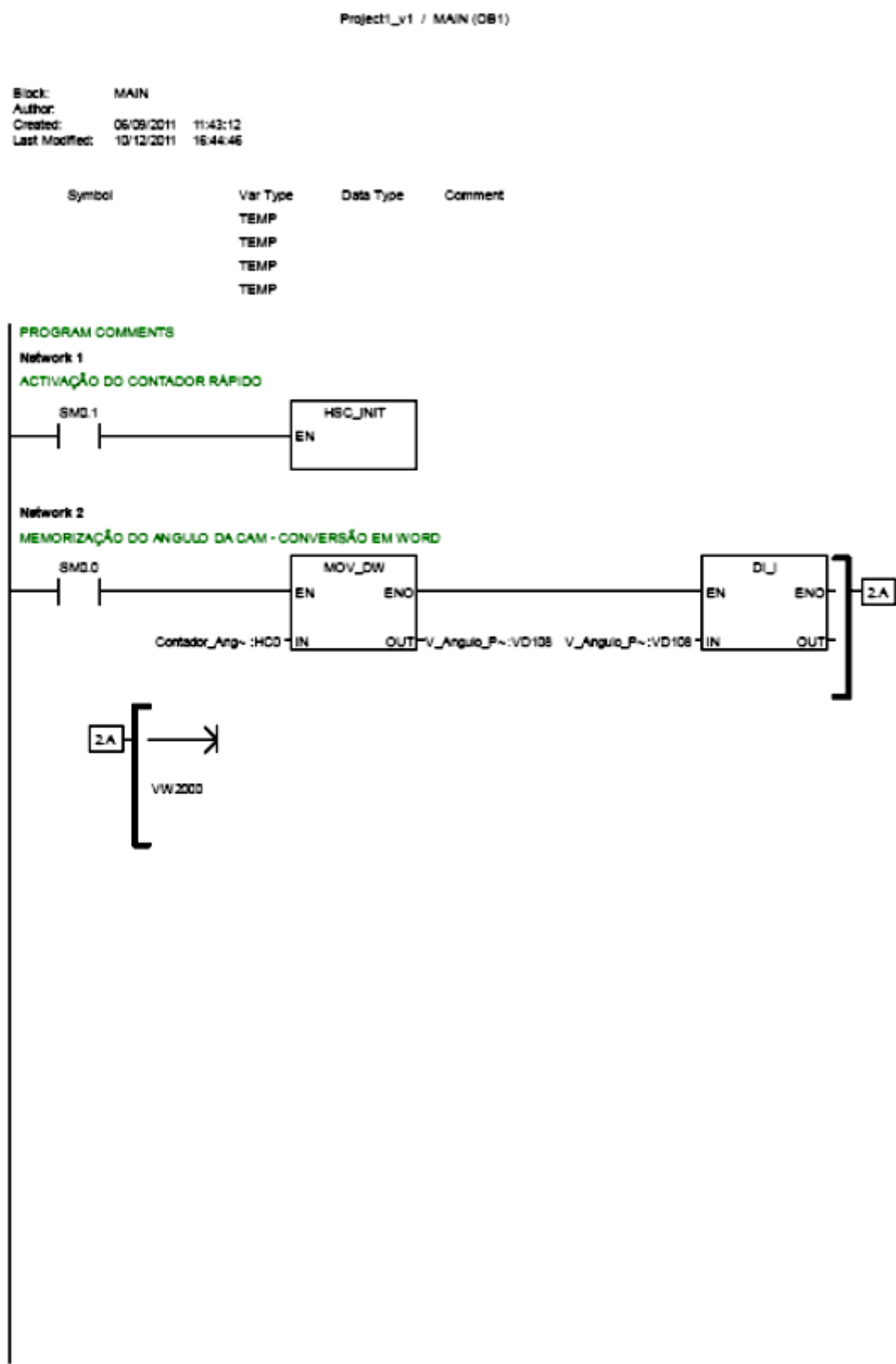
- [1] SCHULER, Louis. Metal Forming Handbook. 4. ed. Stuttgart: Ernst Klett.
- [2] PROVENZA, Francesco. Estampos I. São Paulo: Pro -Tec, 1996.
- [3] PROVENZA, Francesco. Estampos II. São Paulo: Pro -Tec, 1996.
- [4] PROVENZA, Francesco. Estampos III. São Paulo: Pro -Tec, 1996.
- [5] Efapel,S.A. [Online] – Maio/2015.  
<http://www.Efapel.pt/>
- [6] Tecplás Plásticos Lda. O Processo. [Online] – Maio/2015.  
<http://www.tecplasplasticos.com.br/servicos.html>
- [7] Saber Plástico. Moldes para máquinas Injetoras de Plástico [Online] – Maio/2015.  
<http://saberplastico.blogspot.pt/2012/02/moldes-de-injecao.html>
- [8] Injeção de Termoplástico. Máquinas Injetoras. [Online] – Maio/2015,  
Fonte: Harada,Júlio, 1948, Molgagem por Injeção.  
<http://injecaoetermoplastico.blogspot.pt/2012/07/maquinas-injetoras.html>
- [9] Custom Part net. Injection Molding [Online] – Maio/2015.  
<http://www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding>
- [10] Logismarket. Silo de secagem. [Online] – Maio/2015.  
<http://www.logismarket.ind.br/nz-philpolymer/silo-secador-para-resinas-plasticas/1311595764-1329956248-p.html>
- [11] ECVV. Injection Machine Screw Barrel. [Online] – Maio/2015.  
<http://www.ecvv.com/product/1854702.html>
- [12] Moldes de Injeção de Plásticos. Equipamentos e Processo. [Online] – Maio/2015,  
Fonte: Artigo Tecnologia do PVC, Braskem 2002.  
<http://www.moldesinjecao plasticos.com.br/pvc.asp>
- [13] ACCURL . Pressas Excêntricas Mecânicas. [Online] – Maio/2015.  
<http://www.maquinadedobra.com/6-mechanical-eccentric-presses.html>
- [14] HD - Qingdao Hongda Metal Forming Machinery Co., Ltd. Pressas de fricção. [Online] – Maio/2015.  
<http://chinapresses-pt.com/3-1-friction-press.html>
- [15] Fagor. Pressas Hidráulicas de Forjamento. [Online] – Maio/2015.  
<http://www.fagorarrasate.com.br/produto/64/26/pressas-hidraulicas-de-forjamento.aspx>
- [16] MakTube. Ferramentas de Estamparia de Metais. [Online] – Maio/2015.  
<http://www.maktubeprojetos.com.br/servico.php?codigo=1>
- [17] Denk. Estamparia. [Online] – Maio/2015.  
<http://www.denk.com.br/tecnologia>
- [18] Metal Ponss. Estamparia. [Online] – Maio/2015.  
<http://metalponss.blogspot.pt/2011/11/estamparia.html>
- [19] Mercado Livre. Equipamentos para galvanoplastia. [Online] – Maio/2015.  
[http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-618000986-equipamentos-para-galvanoplastia-galvanizaco-galvnica-\\_JM](http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-618000986-equipamentos-para-galvanoplastia-galvanizaco-galvnica-_JM)

- [20] Assembly. Vision Sensor Improves Accuracy of Laser Welders [Online] – Maio/2015.  
<http://www.assemblymag.com/articles/90254-vision-sensor-improves-accuracy-of-laser-welders>
- [21] TAD Vibratory Technology. [Online] – Maio/2015.  
<http://www.tad-pt.com/setor-eletrdomesticos.php>
- [22] RAISA . [Online] – Maio/2015.  
<http://www.lojaraisa.com.br/forno-de-refus-o-linha-smd.html#.VWsrQHTbLs0>
- [23] Connexion International Co. [Online] – Maio/2015.  
<http://www.connexion.tw/SMD.htm>
- [24] SMTnet. [Online] – Maio/2015, Fonte: Assembléon.  
[http://www.smtnet.com/company/index.cfm?fuseaction=view\\_company&company\\_id=45971&component=catalog&catalog\\_id=17370](http://www.smtnet.com/company/index.cfm?fuseaction=view_company&company_id=45971&component=catalog&catalog_id=17370)
- [25] LEGNANI PRESS S.R.L., Manual de instruções para “Prensa Excêntrica” com transmissão pneumática. - Legnano – Itália - 2003
- [26] MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DA INOVAÇÃO, DL 71/2008 de 15 de Abril, Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia.
- [27] ISO EN 12100-1:2003, Segurança de máquinas. Conceitos fundamentais, princípios gerais de concepção. Parte 1: Terminologia básica, metodologia.
- [28] EN ISO 12100-2:2003, Segurança de máquinas. Conceitos fundamentais, princípios gerais de concepção. Parte 2: Princípios técnicos e especificações.
- [29] ISO EN 13857-1:2008, Segurança máquina – Distância de segurança para impedir que os membros superiores alcancem zonas perigosas.
- [30] NP EN 418:1996, Segurança máquina – Equipamentos de paragem de emergência, aspetos funcionais – Princípios de concepção.
- [31] NP EN 983:1996, Segurança de máquinas – Requisitos de segurança para sistemas e componentes de transmissões hidráulicas e pneumáticas – Pneumática.
- [32] NP EN 999:2000, Segurança de máquinas - Posicionamento de equipamento de proteção em relação às velocidades de aproximação das partes do corpo humano.
- [33] NP EN 1037:1995, Segurança máquinas - Prevenção a um arranque inesperado;
- [34] EN ISO 14121-1:2008, Segurança de máquinas – Avaliação de riscos – Parte 1: Princípios.
- [35] EN 1088:1995, Sécurité des machines – Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs – Principes de conception et de choix.
- [36] EN 60204-1:1997, Sécurité des machines – Equipement électrique des machine – Partie 1 : Règles générales (IEC 60204-1:1997).
- [37] IEC 60204-1:2009, Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements.
- [38] IEC 60446:1999, Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of conductors by colours or numeral.
- [39] DIRETIVA 2006/42/CE, Diretiva Máquinas.
- [40] DIRETIVA 2006/95/CE, Diretiva de Baixa Tensão.

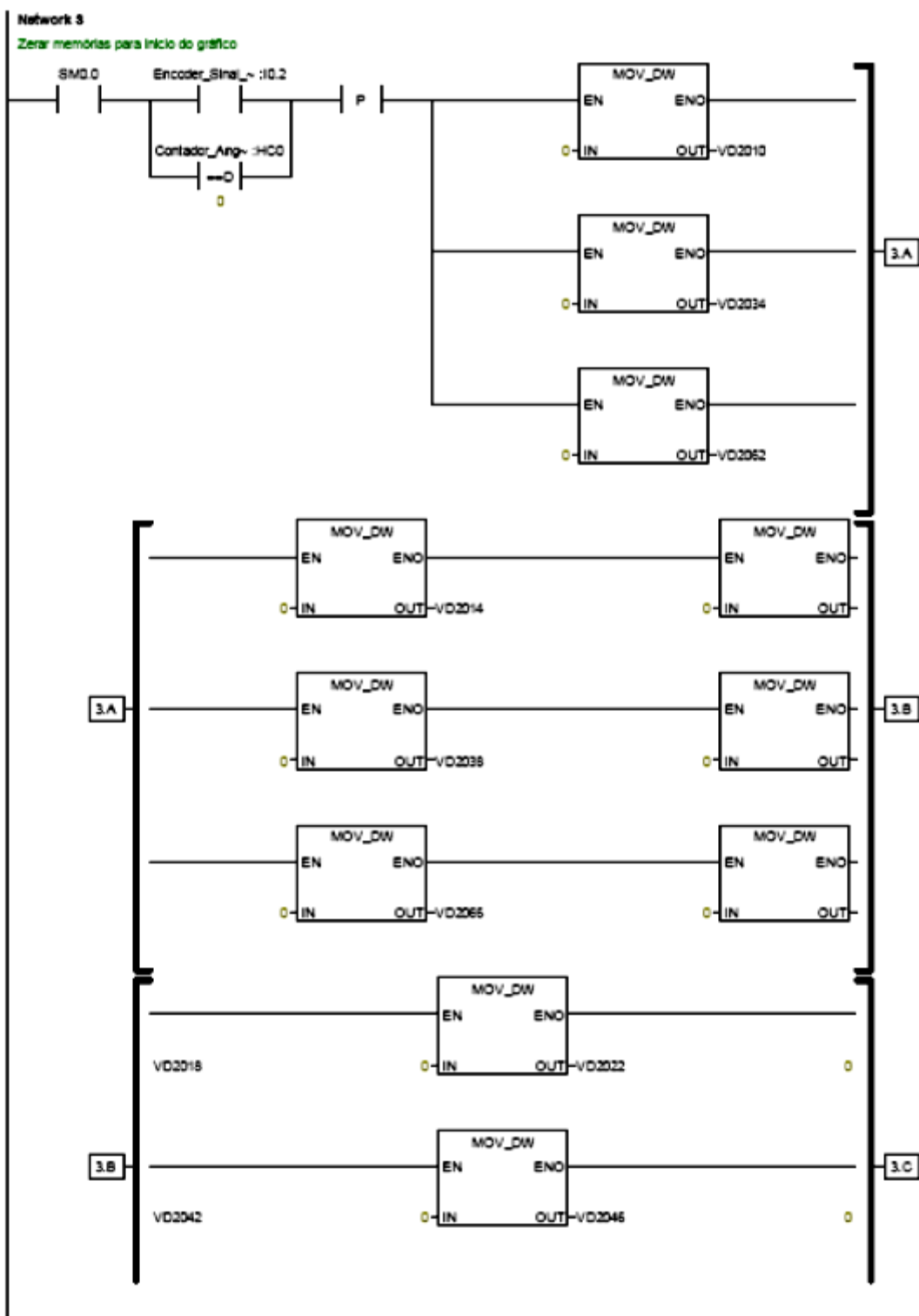
- 
- [41] DIRETIVA 2004/108/CE, Diretiva de Compatibilidade Eletromagnética.
  - [42] EN 349:1993, SEGURANÇA DE MÁQUINAS, Distâncias mínimas para evitar o esmagamento de partes do corpo humano.
  - [43] EN 842:1996, SEGURANÇA DE MÁQUINAS, Sinais visuais de perigo – Requisitos gerais, concepção e ensaio.
  - [44] EN 547-1:1996, SEGURANÇA DE MÁQUINAS, Medidas do corpo humano – Parte 1: Princípios para determinação das dimensões requeridas para aberturas de acesso.
  - [45] EN 614-1:2006, SEGURANÇA DE MÁQUINAS, Princípios de concepção ergonómica – Parte 1: Terminologia e princípios gerais.
  - [46] EN 614-2:2000, SEGURANÇA DE MÁQUINAS, Princípios de concepção ergonómica – Parte 2: Interações entre a concepção de máquinas e as tarefas de trabalho.
  - [47] EN 953:1997, SEGURANÇA DE MÁQUINAS, Protetores – Exigências gerais para a concepção e o fabrico de protetores fixos e móveis.
  - [48] EN 983: 1996, SEGURANÇA DE MÁQUINAS, Requisitos de segurança para sistemas e componentes de transmissões hidráulicas e pneumáticas – Pneumática.
  - [49] ISO 13849-2:2006, SEGURANÇA DE MÁQUINAS, Partes do sistema de comando relativos à segurança – Parte 2: Validação.
  - [50] ISO 13850:2006, SEGURANÇA DE MÁQUINAS, Paragem de emergência – Princípios de concepção.
  - [51] ISO 13857:2008, SEGURANÇA DE MÁQUINAS, Avaliação de riscos – Distâncias de segurança para impedir que os membros superiores e inferiores alcancem zonas perigosas.
  - [52] Siemens Simatic Step 7 Microwin 32, Software de Programação para Autómatos Programáveis Siemens da série S7-200.
  - [53] Information Designer V1.52 da Beijer Electronics, Software de Programação para Consolas da Beijer Electronics da série EXTER.

ANEXOS

Anexo I - Programa Implementado no PLC

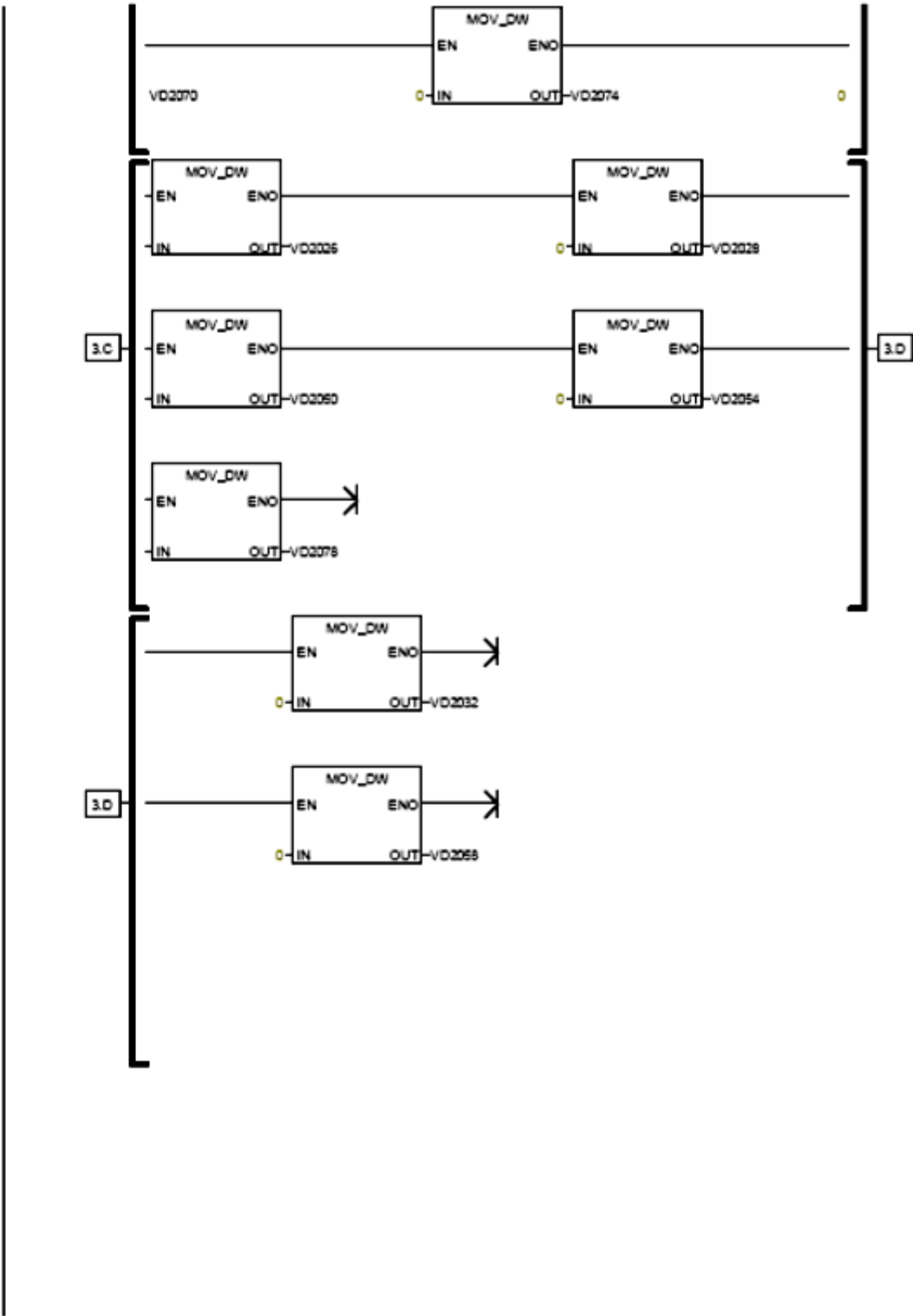


Project1\_v1 / MAIN (OB1)



2 / 34

Project1\_v1 / MAIN (OB1)

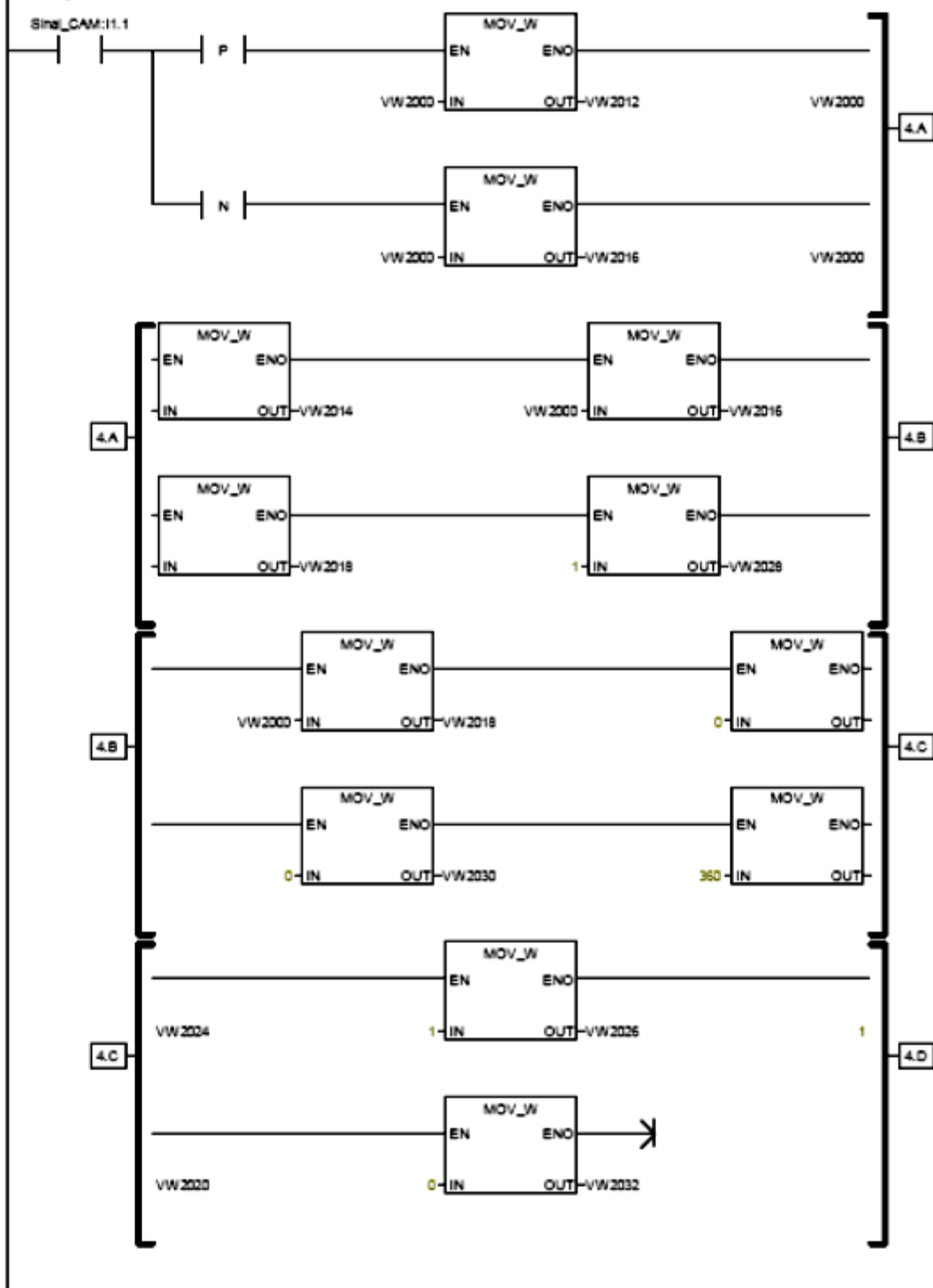


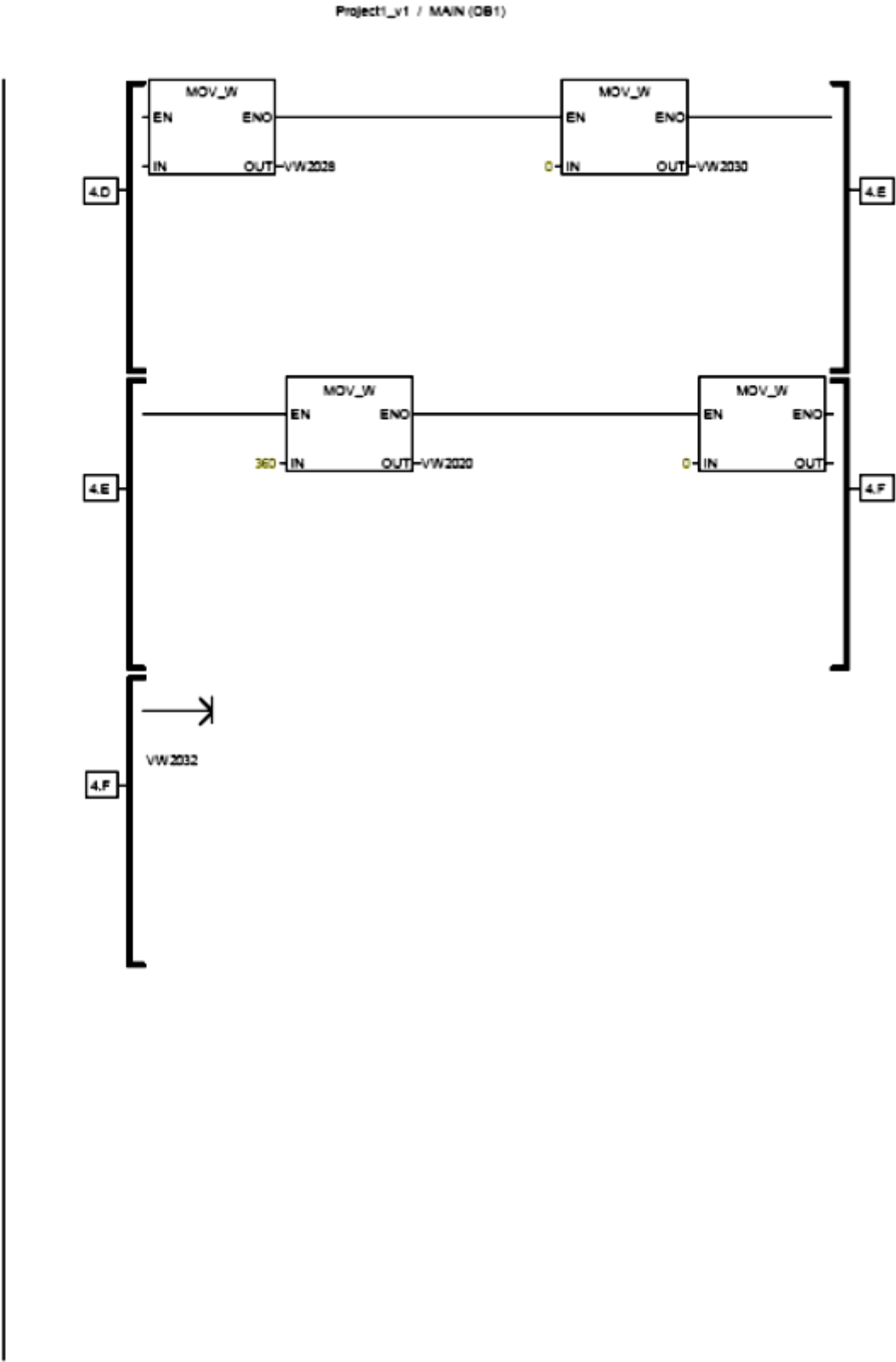


Project1\_v1 / MAIN (OB1)

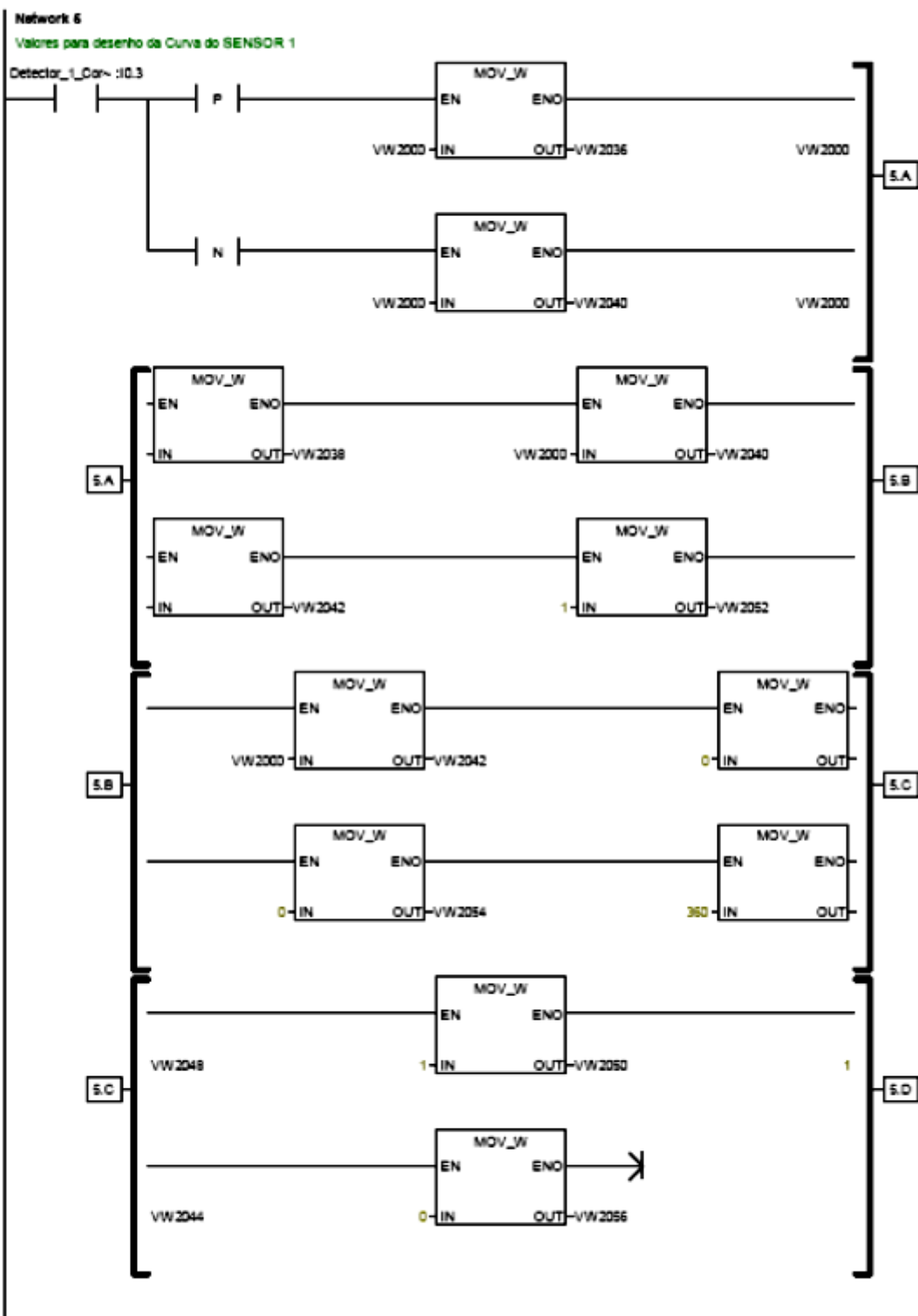
## Network 4

Valores para desenho da Curva da CAM



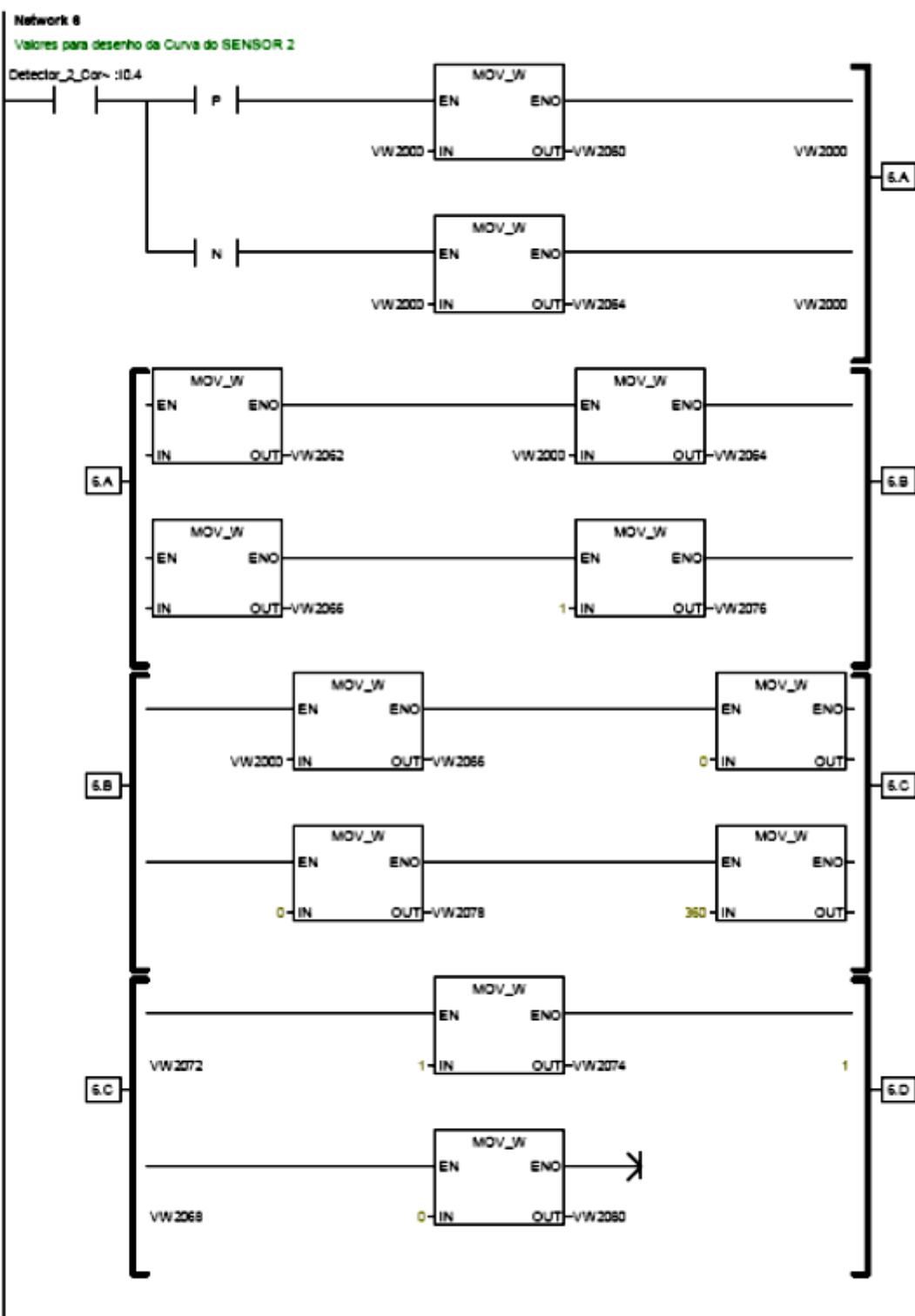


Project1\_v1 / MAIN (OB1)

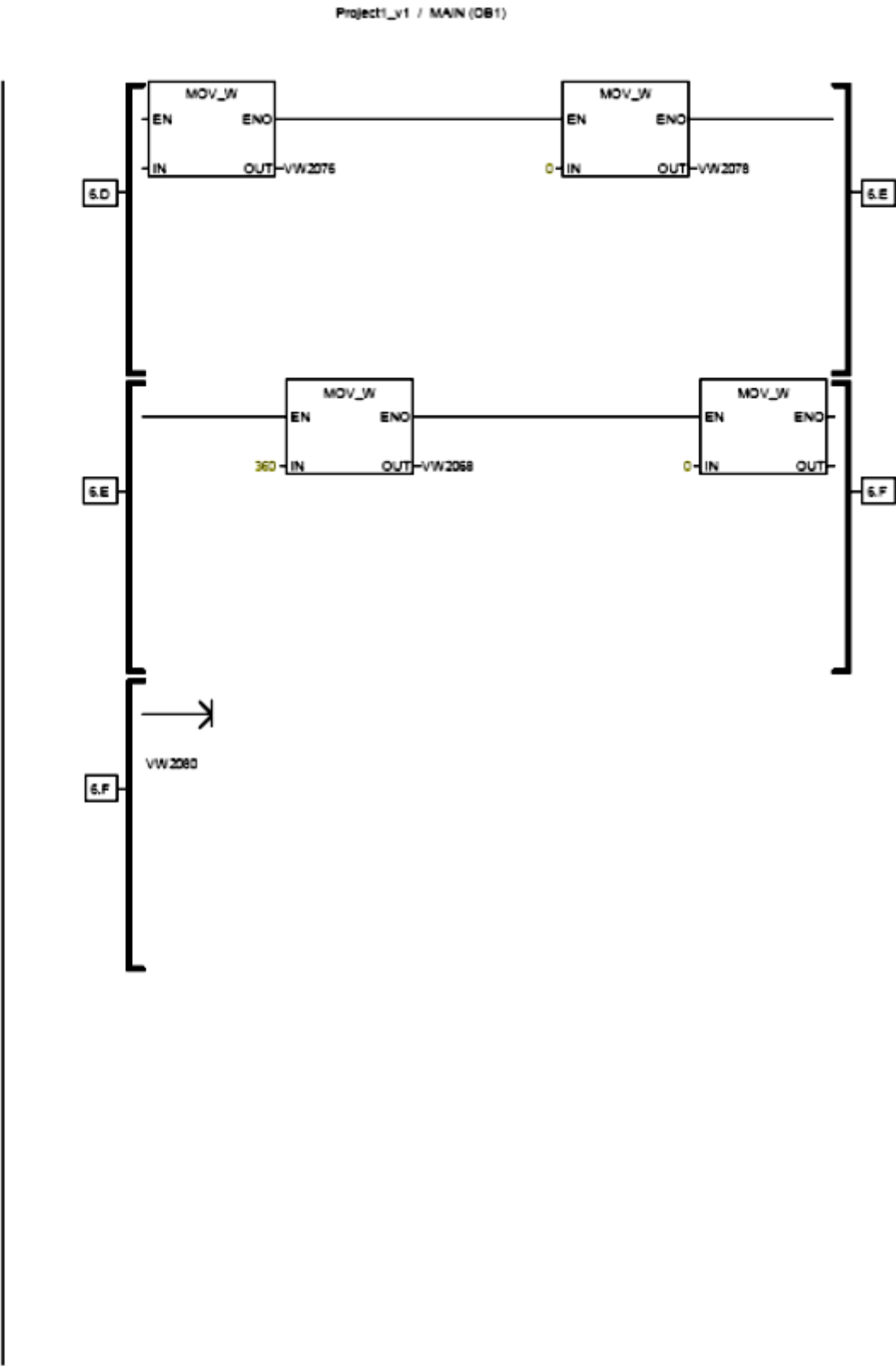




Project1\_v1 / MAIN (OB1)



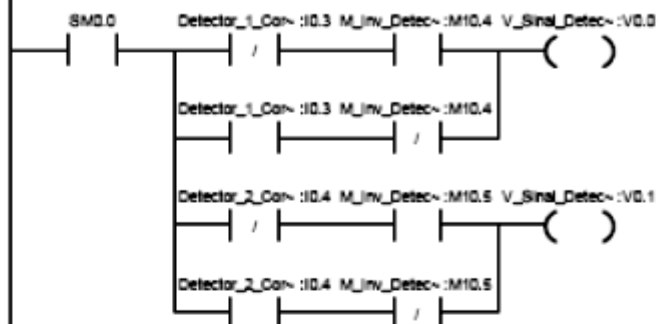
8 / 34



Project1\_v1 / MAIN (OB1)

## Network 7

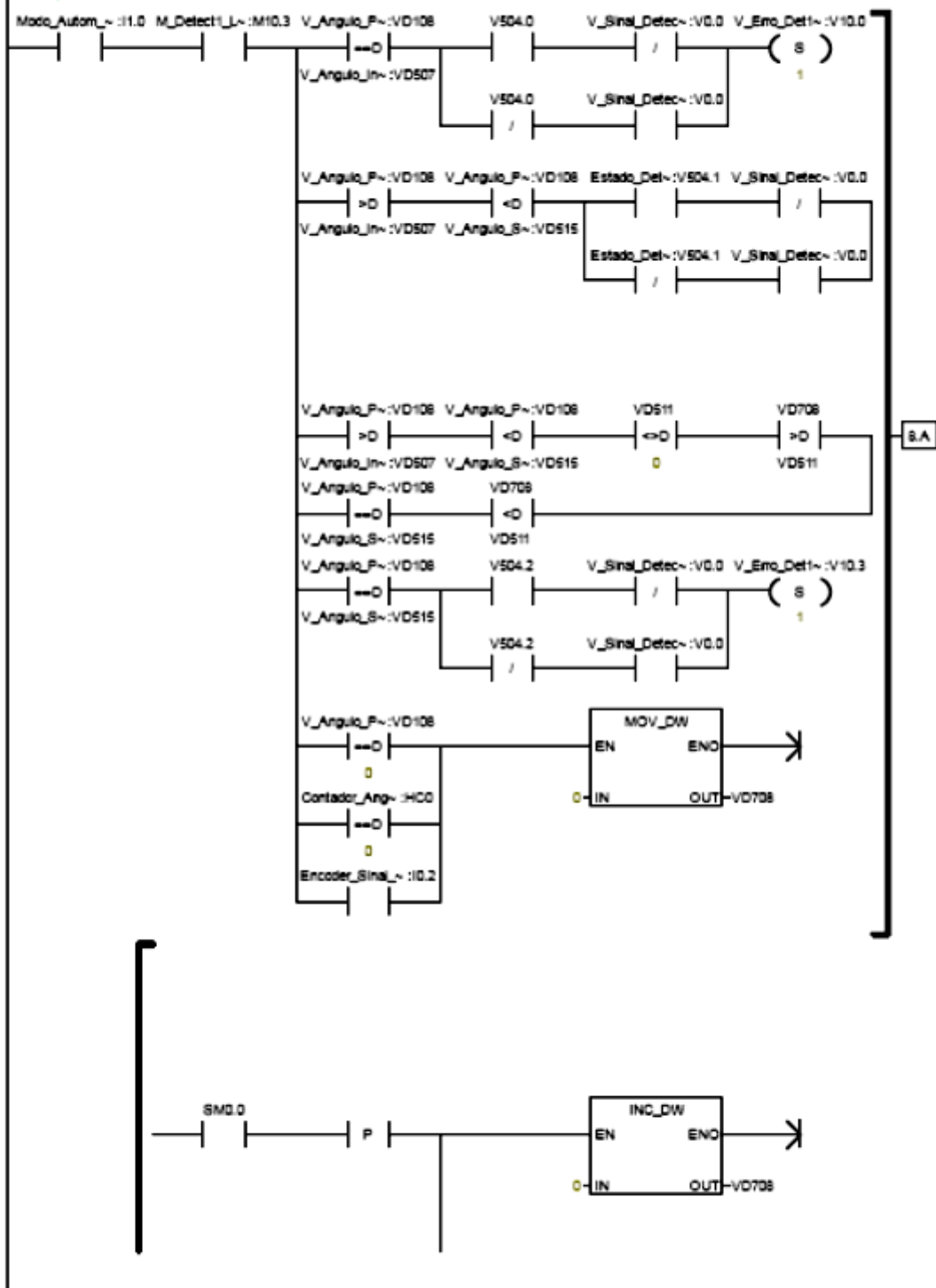
Inversão ou não Inversão do sinal dos sensores para controlo (após selecção do modo - Invertido ou não Invertido)



Project1\_v1 / MAIN (OB1)

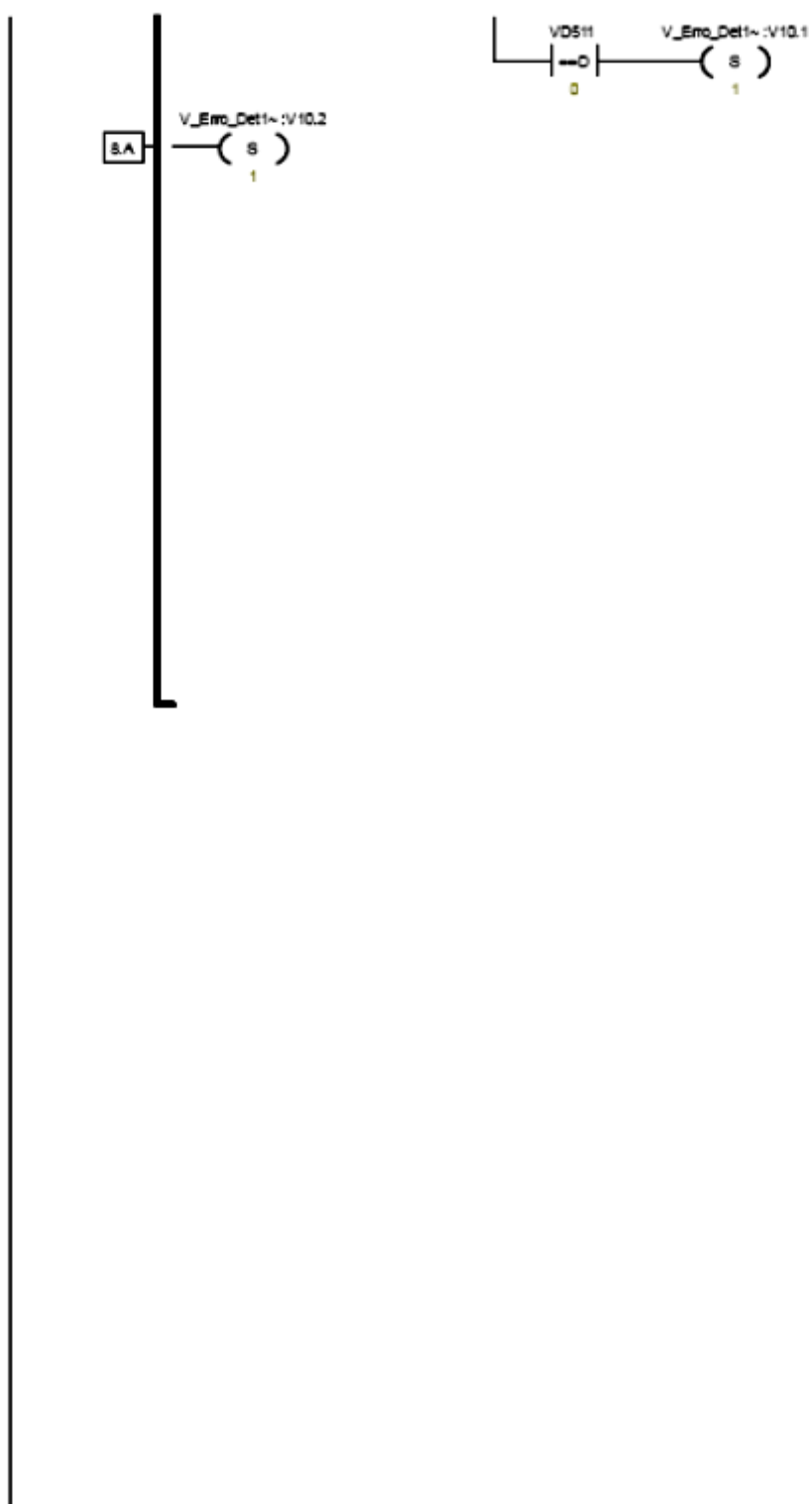
## Network 8

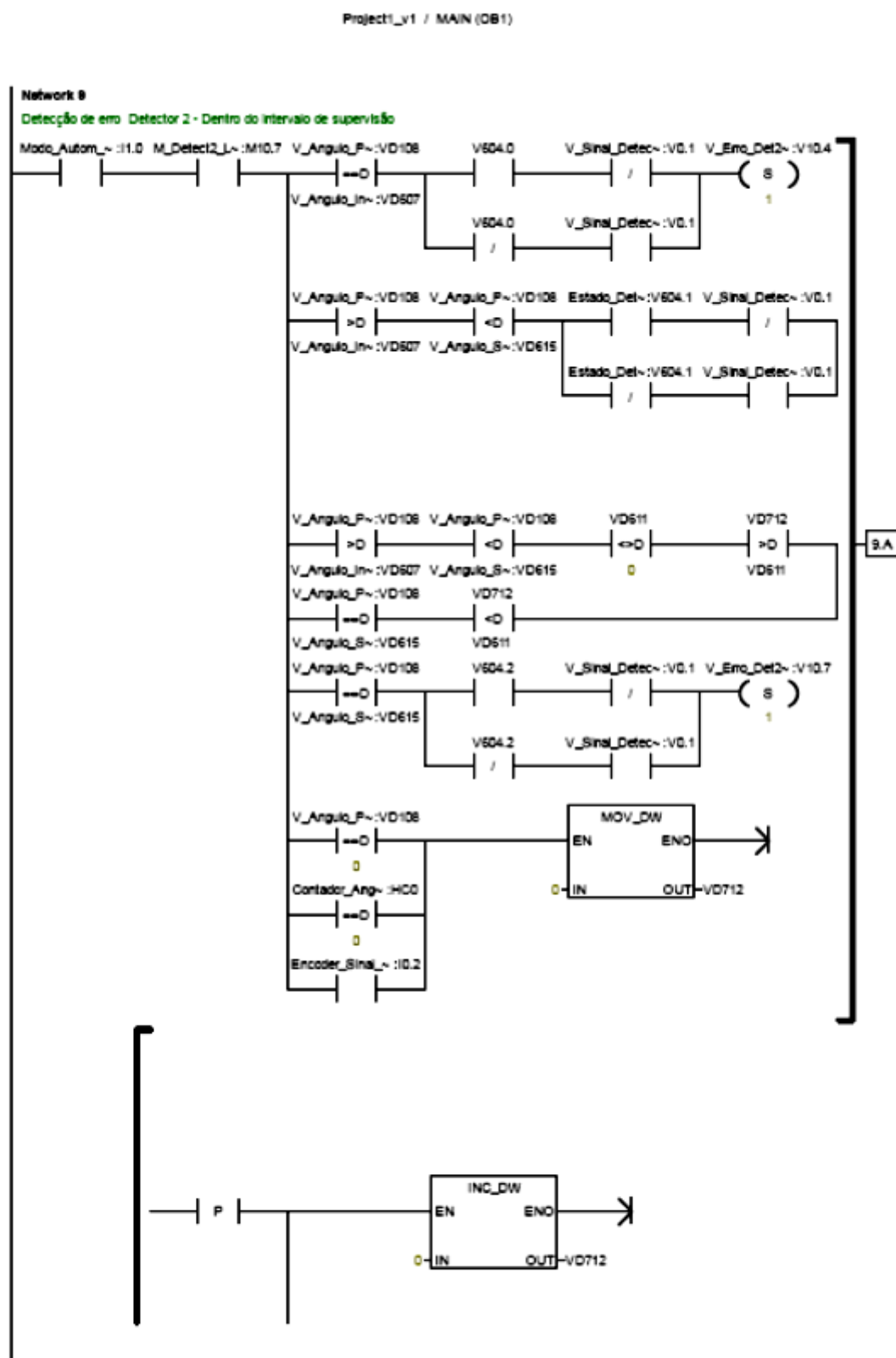
Detecção de erro Detector 1 - Dentro do intervalo de supervisão



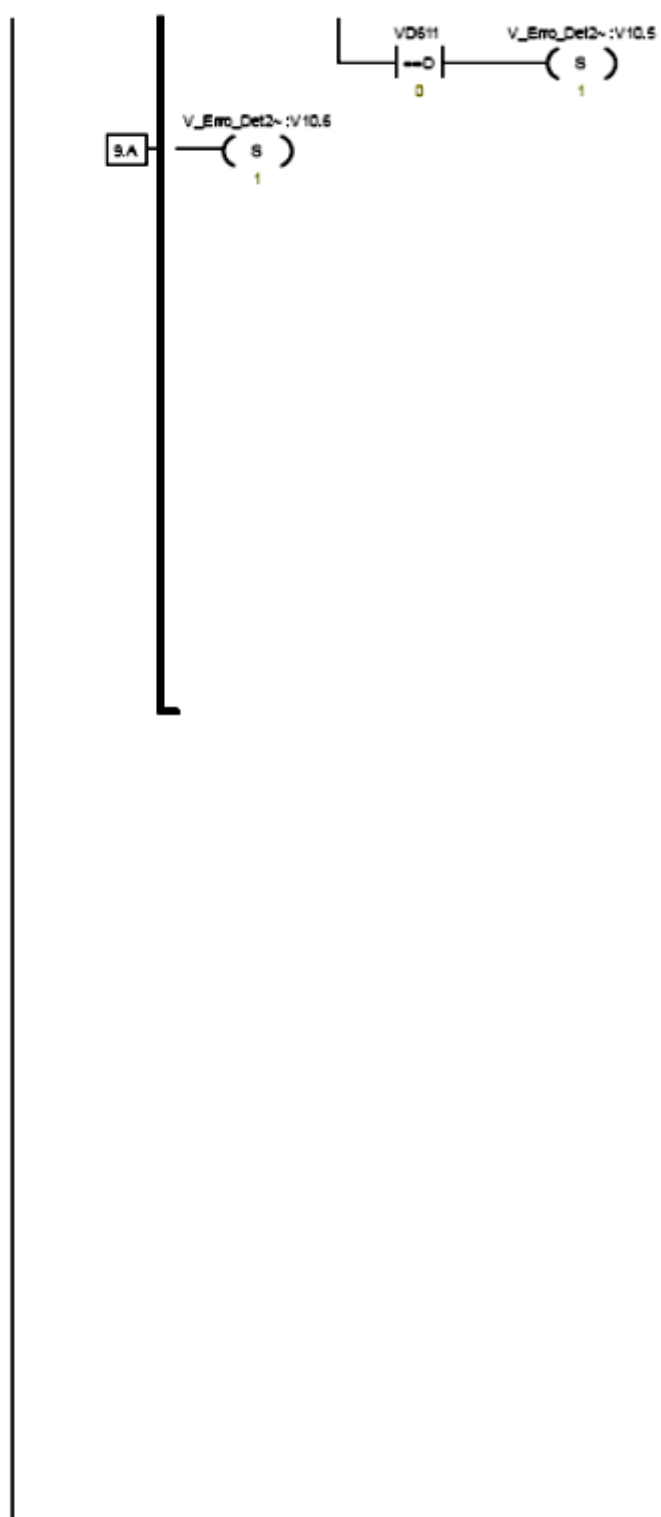


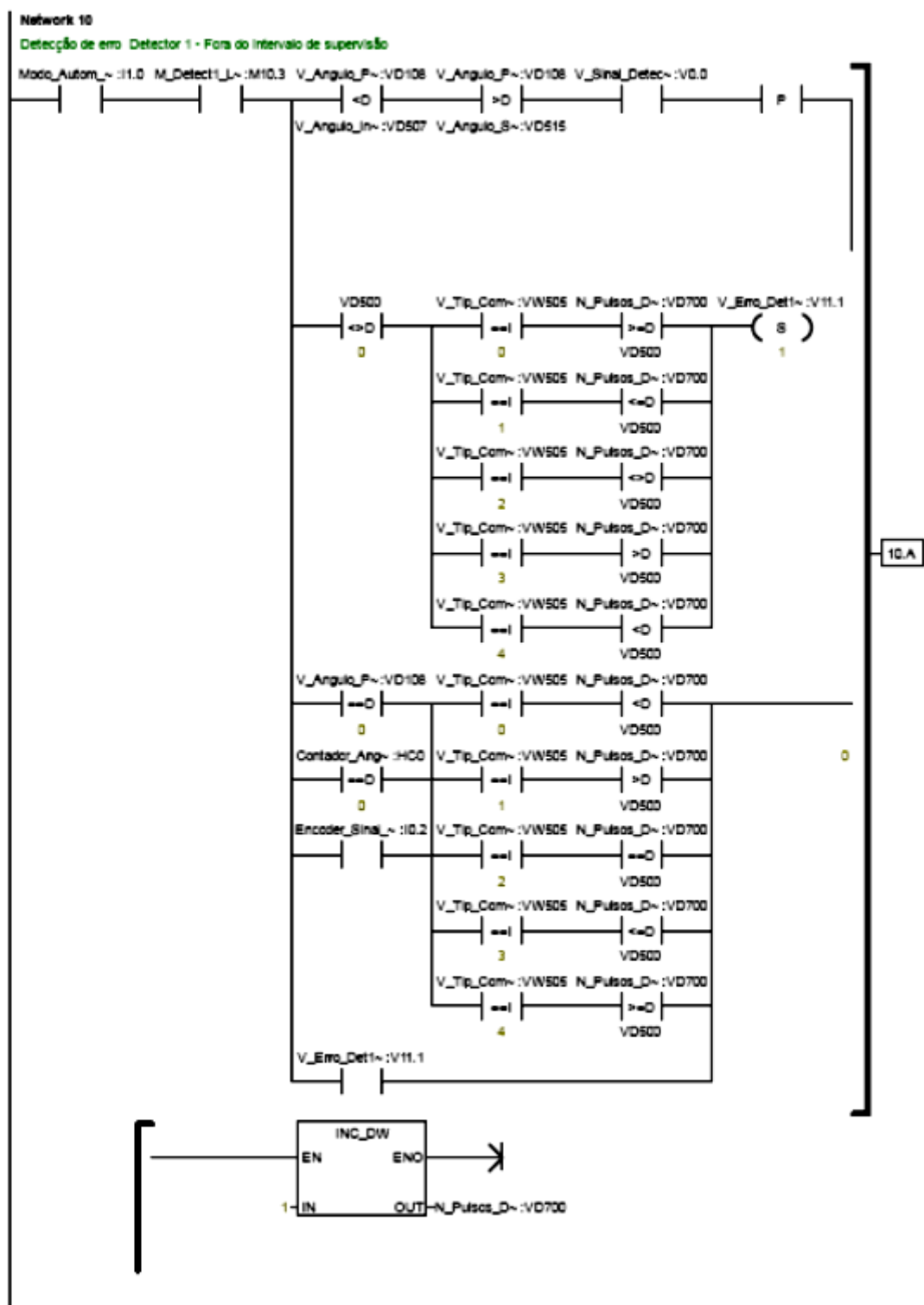
Project1\_v1 / MAIN (DB1)



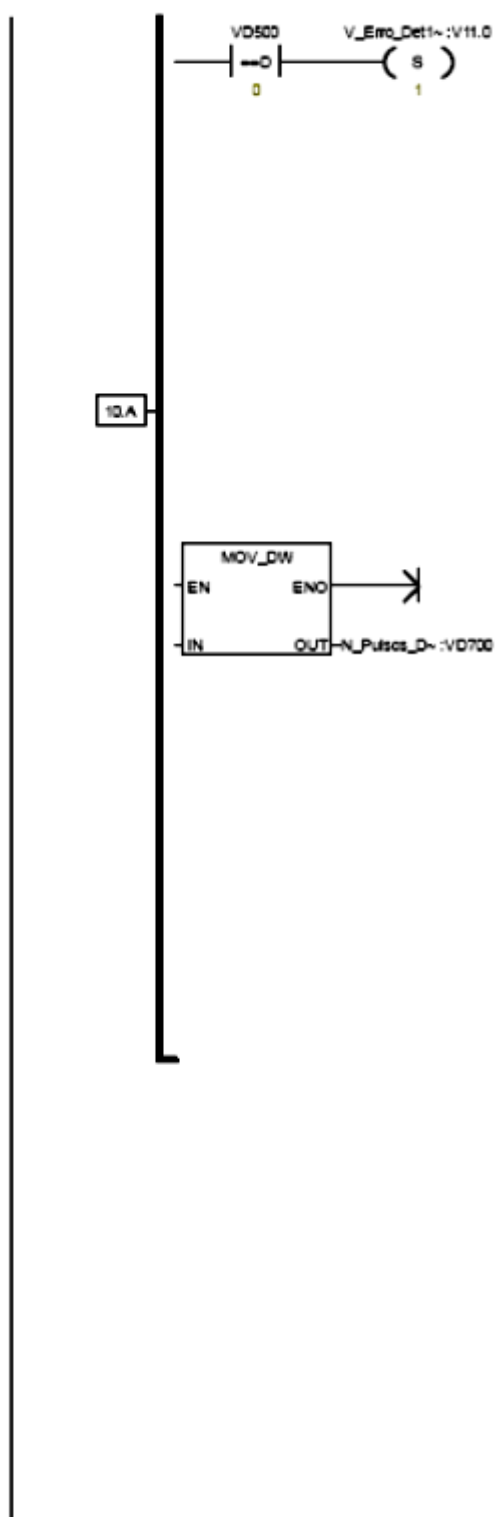


Project1\_v1 / MAIN (DB1)



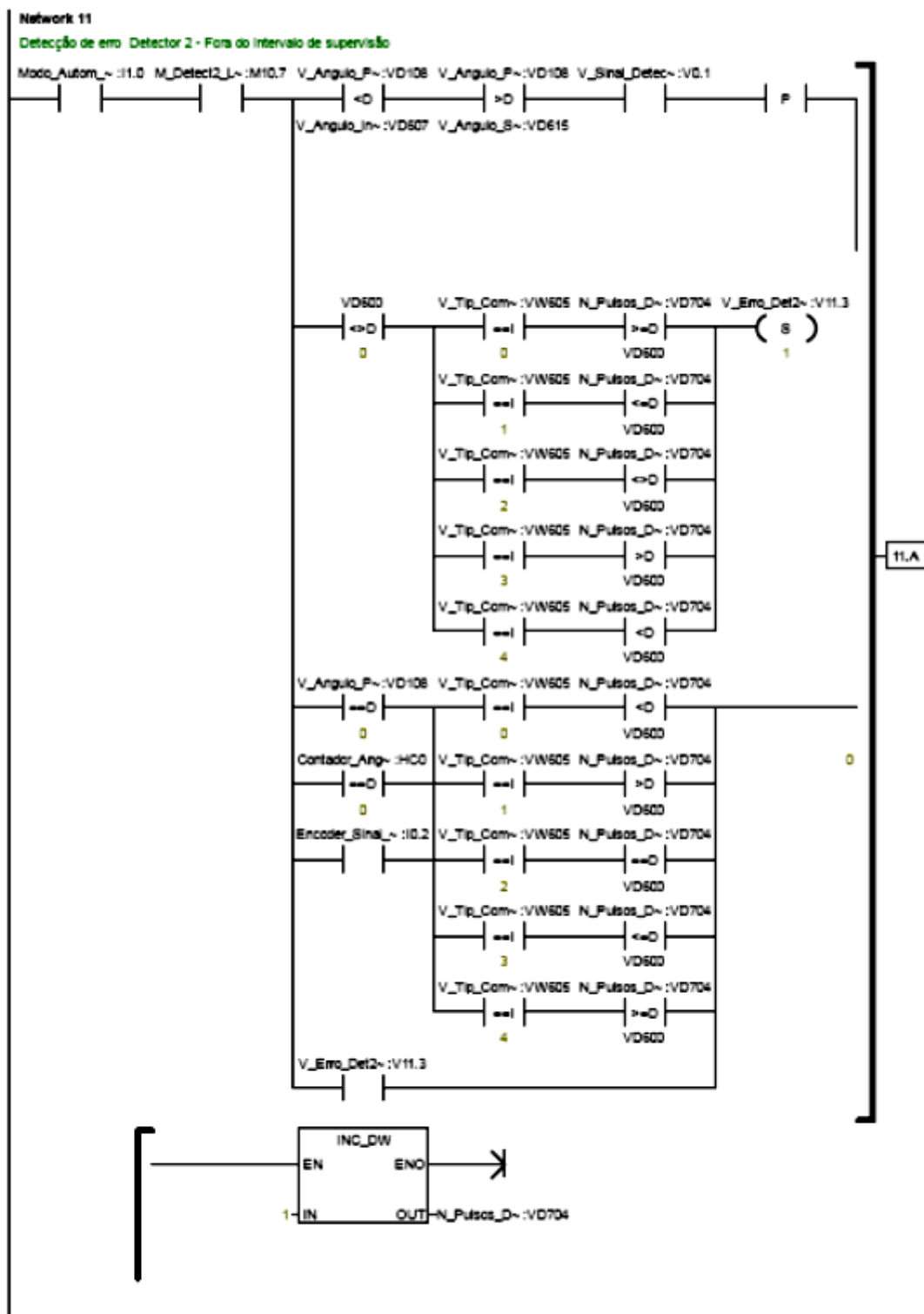


Project1\_v1 / MAIN (OB1)

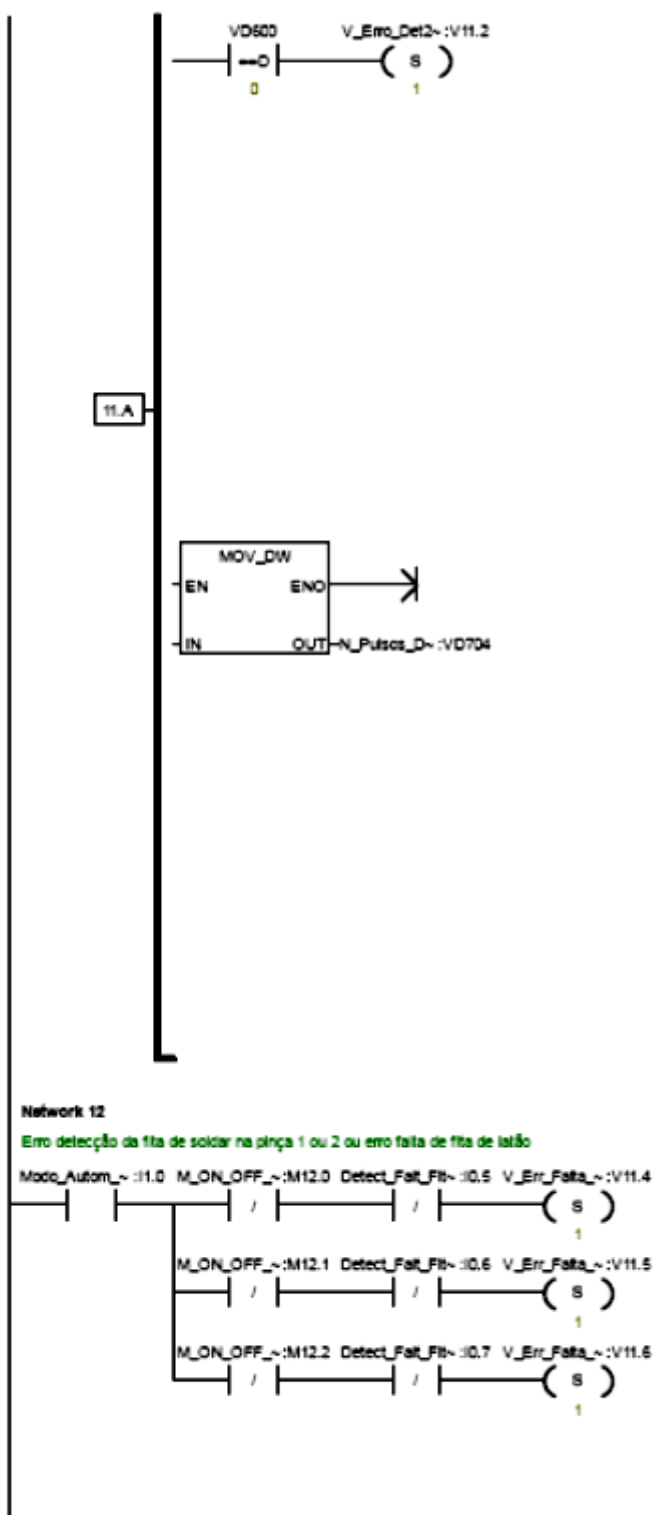


16 / 34

Project1\_v1 / MAIN (OB1)

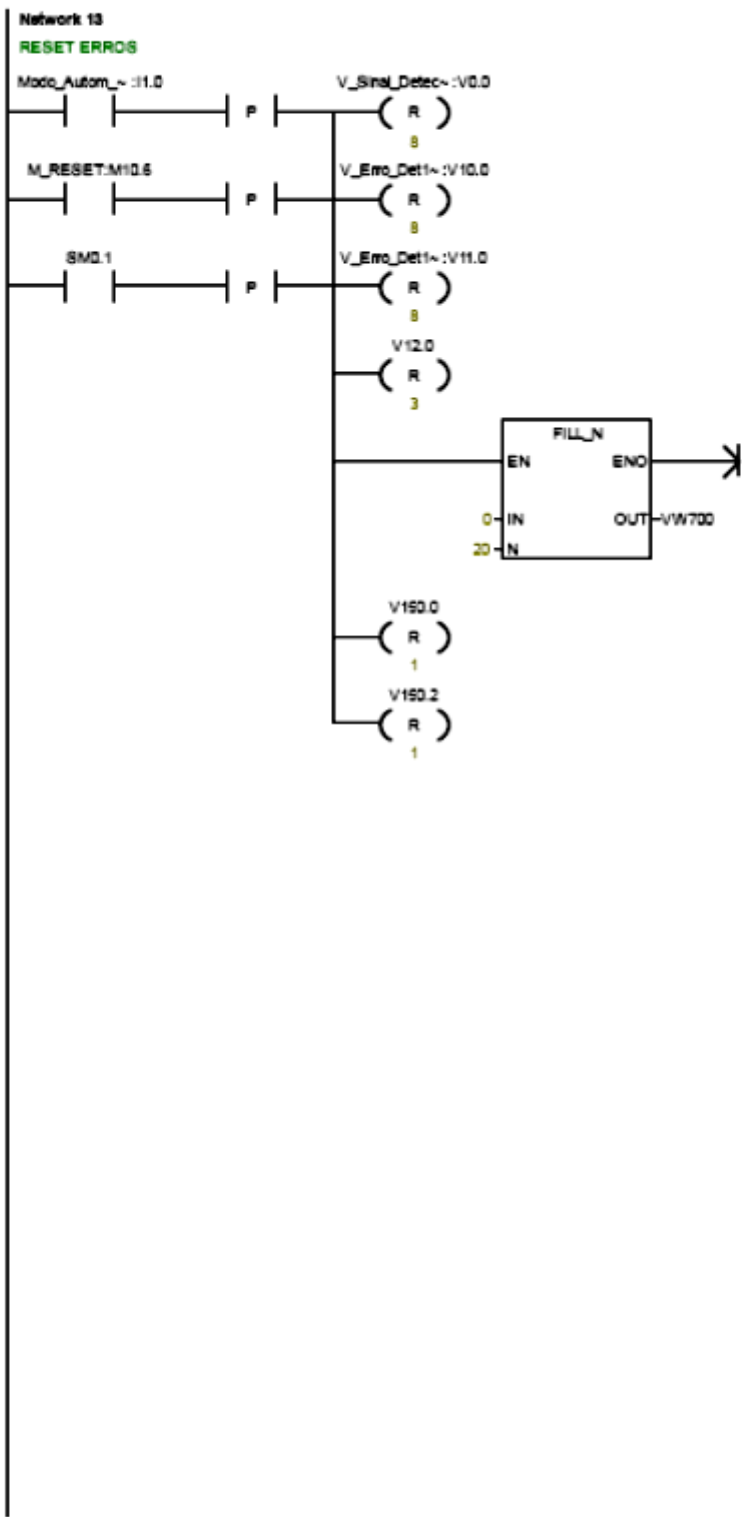


Project1\_v1 / MAIN (OB1)



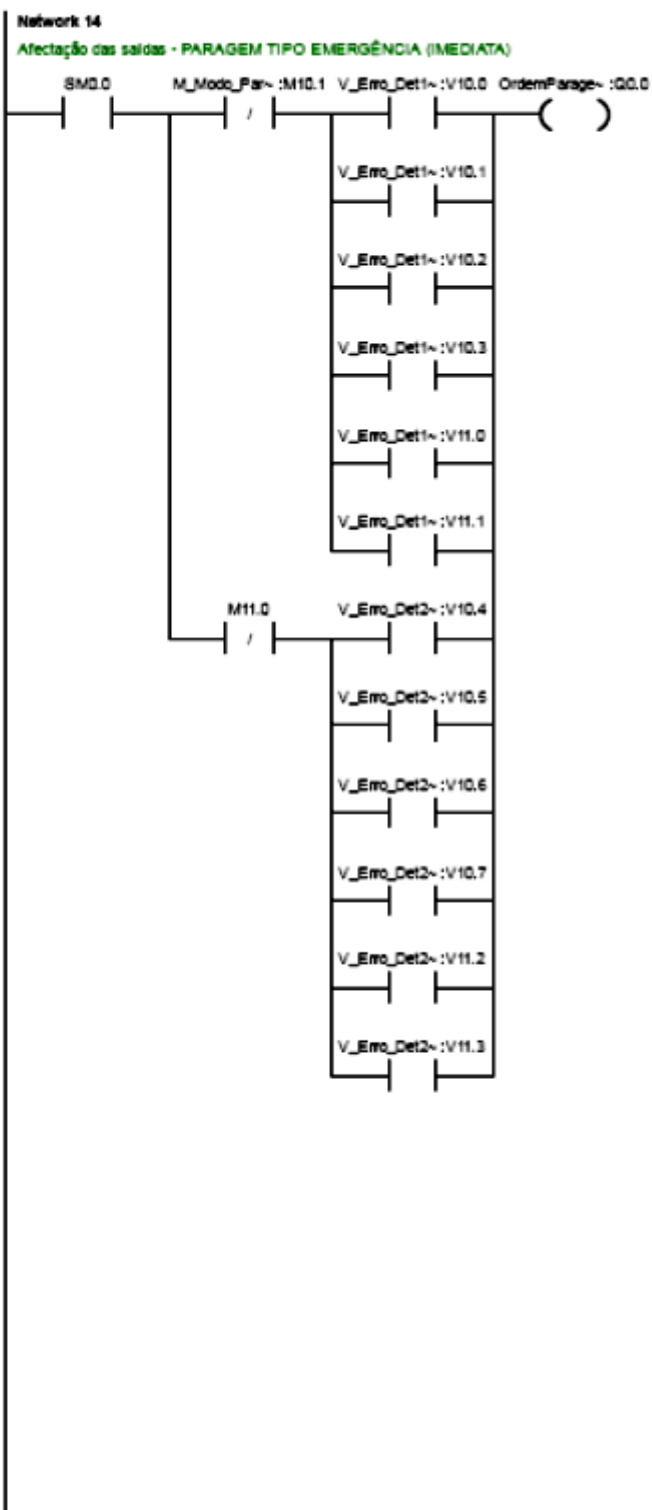
18 / 34

Project1\_v1 / MAIN (OB1)

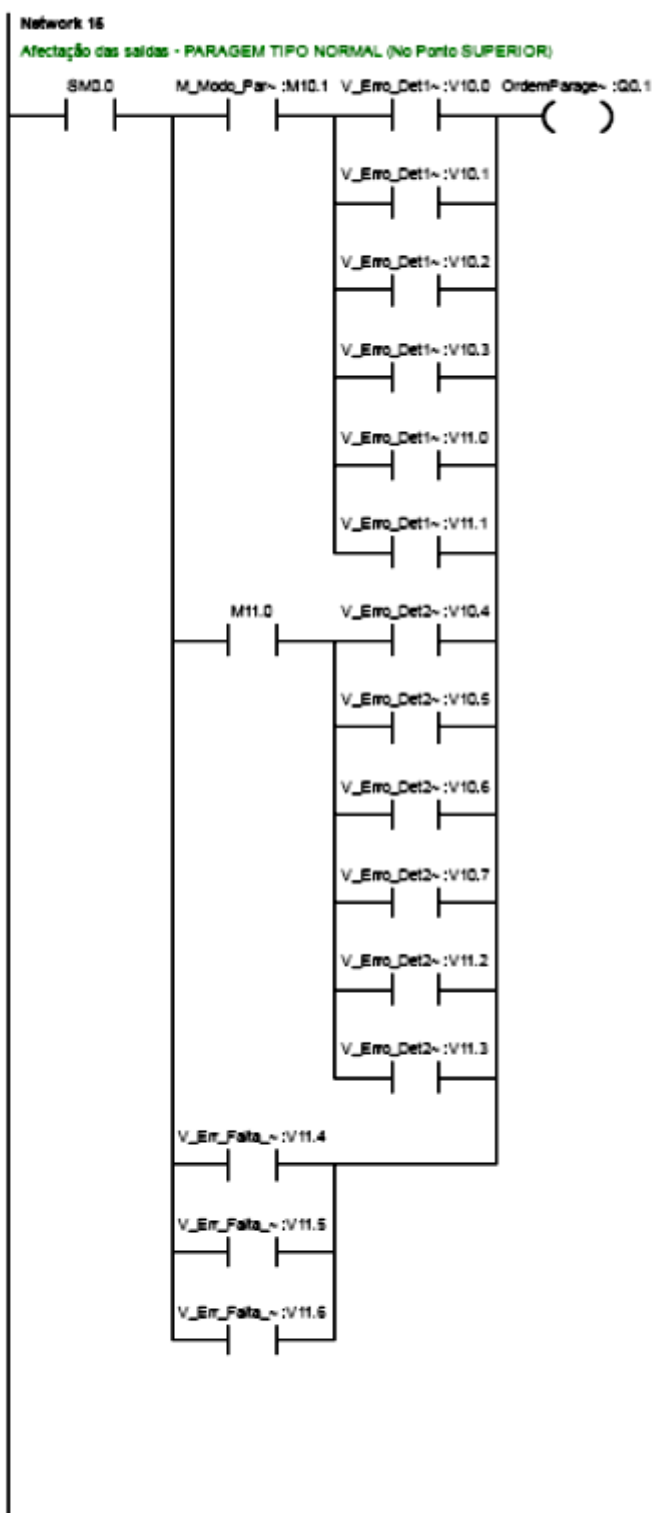




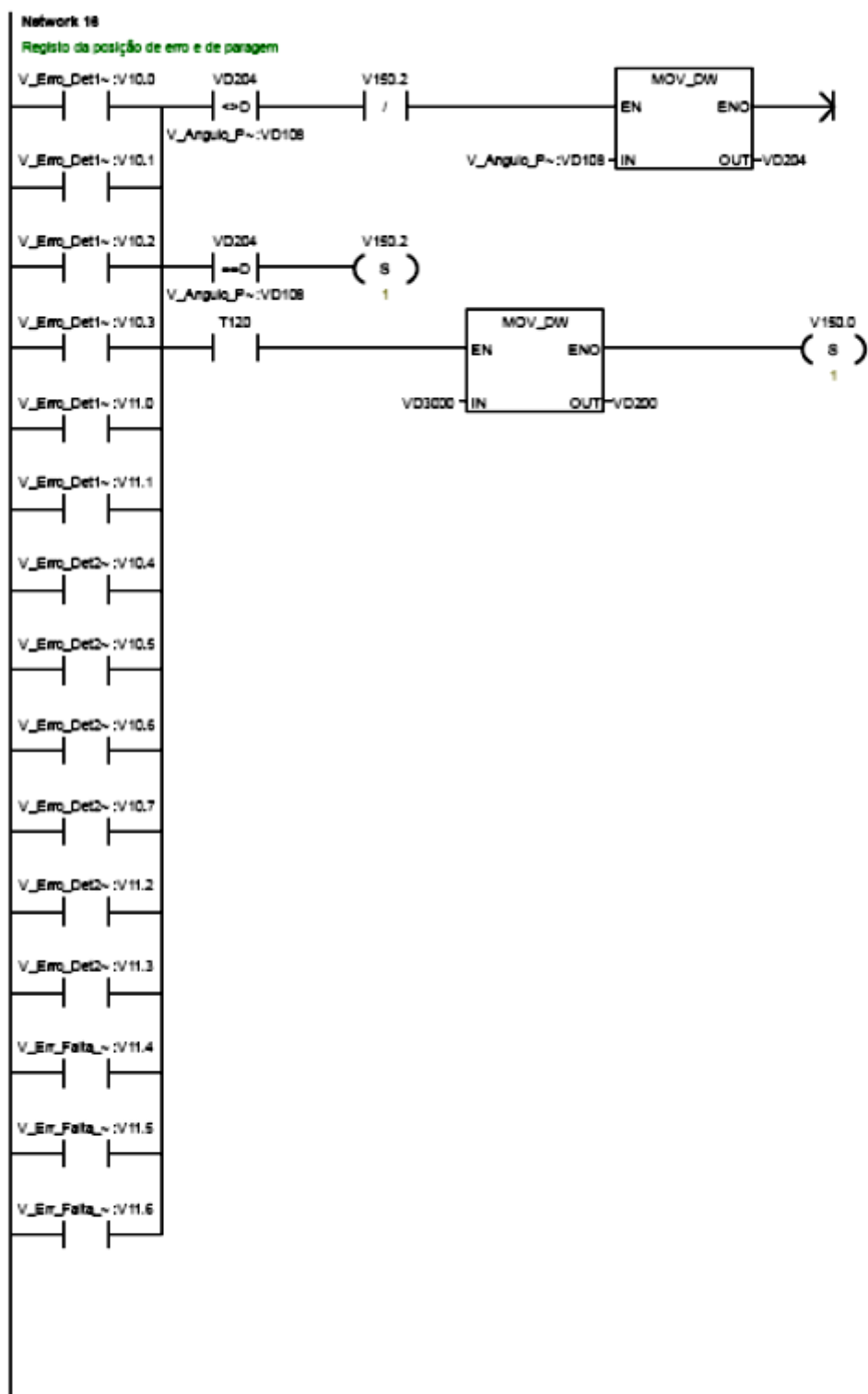
Project1\_v1 / MAIN (OB1)



Project1\_v1 / MAIN (CB1)

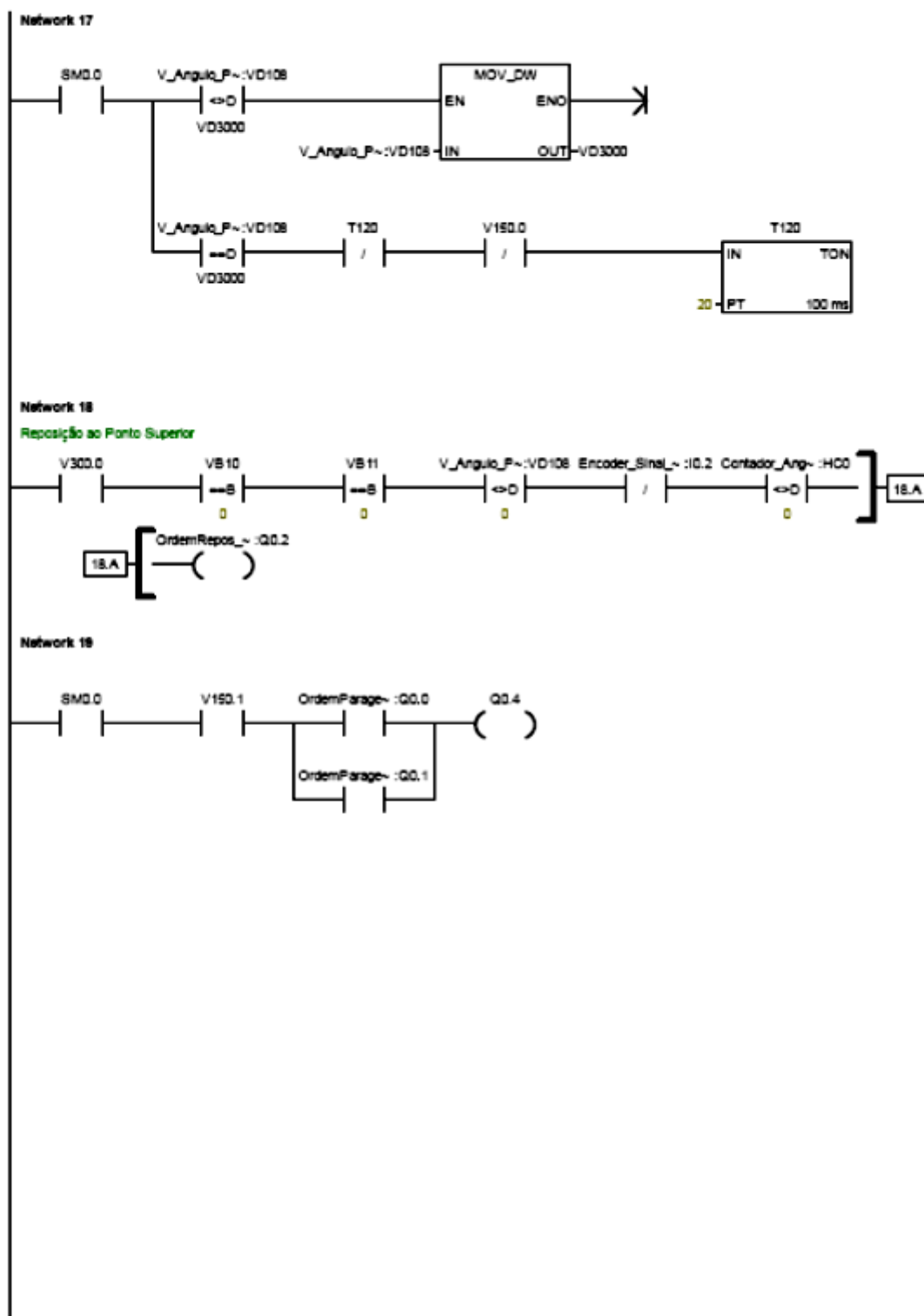


Project1\_v1 / MAIN (OB1)



22 / 34

Project1\_v1 / MAIN (OB1)



Project1\_v1 / SBR\_Q (SBRQ)

Block: SBR\_Q  
Author:  
Created: 06/09/2011 11:43:12  
Last Modified: 06/27/2011 12:09:13

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

SUBROUTINE COMMENTS  
Network 1      Network Title  
Network Comment



## Project1\_v1 / HSC\_INIT (SBR1)

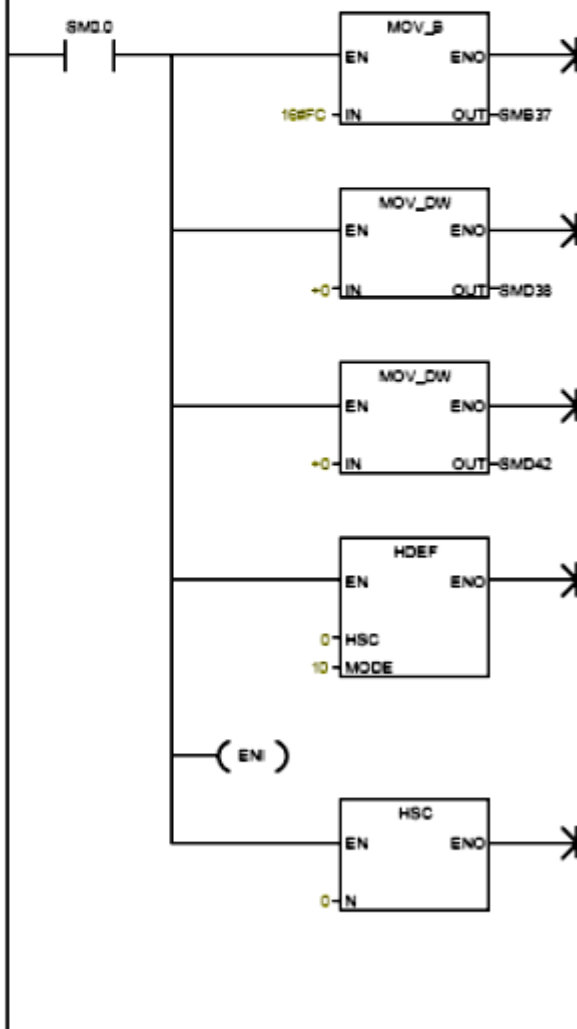
Block: HSC\_INIT  
 Author: Instruction Wizard HSC  
 Created: 06/09/2011 15:26:11  
 Last Modified: 06/27/2011 12:09:13

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

**Network 1** Instruction Wizard HSC

To enable this configuration within the program, Use SMD.1 or an edge-triggered instruction to call this Subroutine once from the MAIN program block.

Configure HSC for Mode 1; CV = Q; PV = Q; count UP;  
 Enable interrupts and start counter.



Project1\_v1 / INT\_0 (INT0)

Block: INT\_0  
Author:  
Created: 06/09/2011 11:43:12  
Last Modified: 06/27/2011 12:09:13

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		

INTERRUPT ROUTINE COMMENTS  
Network 1      Network Title  
Network Comment



## Project1\_v1 / USER1

 	Symbol	Address	Comment
	<b>INPUTS</b>		
	Detector_1_Cortante	I0.3	Detector 1 do cortante
	Detector_2_Cortante	I0.4	Detector 2 do cortante
	Detect_Falt_Fita_Pinca1	I0.5	Detector de falta de fita na pinça 1 da Bihier
	Detect_Falt_Fita_Pinca2	I0.6	Detector de falta de fita na pinça 2 da Bihier
	Detect_Falt_Fita_Latao	I0.7	Detector de falta de fita de Latao (Materia Prima)
	Encoder_Entrada1	I0.0	Entrada incremental do encoder
	Encoder_Entrada2	I0.1	Entrada decremental do encoder
	Encoder_Sinal_Posic_0	I0.2	Entrada Posição zero do encoder (Reset ciclo)
	Modo_Autom_Manual	I1.0	Entrada do modo de funcionamento (Automático / Manual)
	Sinal_CAM	I1.1	Entrada do Sinal da CAM
	<b>OUTPUTS</b>		
	OrdemParagem_Tipo_Emerg	Q0.0	Ordem de paragem por falha (paragem via circuito de emergência da máquina)
	OrdemParagem_Tipo_Norm	Q0.1	Ordem de paragem por falha (paragem via circuito de paragem normal da máquina)
	OrdemRepos_Fonto_Superf	Q0.2	Ordem de reposição no ponto 0
	<b>MEM'S (M)</b>		
	M_Modo_Deteccao_Detect1	M10.0	Modo de detecção Estática ou Dinâmica (off-dinâmica) - DETECTOR 1
	M_Modo_Paragem	M10.1	Modo de paragem (em modo normal ou via circuito de Emergência)
	M_Modo_Deteccao_Detect2	M10.2	Modo de detecção Estática ou Dinâmica (off-dinâmica) - DETECTOR 2
	M_Detect1_Ligado	M10.3	Supervisão via Detector1 ligada
	M_Inv_Detect1_Cortante	M10.4	Inverte o Sinal do Detector nº1 do Cortante
	M_Inv_Detect2_Cortante	M10.5	Inverte o Sinal do Detector nº2 do Cortante
	M_RESET	M10.6	Ordem de RESET ao SISTEMA
	M_Detect2_Ligado	M10.7	Supervisão via Detector2 ligada
	M_ON_OFF_Sem_perfi_1	M12.0	Liga/Desliga Detecção de falta de perfil na pinça 1 da Bihier
	M_ON_OFF_Sem_perfi_2	M12.1	Liga/Desliga Detecção de falta de perfil na pinça 2 da Bihier
	M_ON_OFF_Sem_Latao	M12.2	Liga/Desliga Detecção de falta de fita de Latao
	<b>MEM'S (V)</b>		
	V_Sinal_Detect1_Cortant	V0.0	Sinal do detector 1
	V_Sinal_Detect2_Cortant	V0.1	Sinal do detector 2
	V_Erro_Det1_Ent_Supv	V10.0	Erro no Detector 1 na entrada no intervalo de Supervisão
	V_Erro_Det1_IN_Supv_0	V10.1	Erro no Detector 1 dentro do intervalo de Supervisão (n=0 ultrapassado)
	V_Erro_Det1_IN_Supv_n	V10.2	Erro no Detector 1 dentro do intervalo de Supervisão (n=A ultrapassado)
	V_Erro_Det1_Saida_Supv	V10.3	Erro no Detector 1 na saída do intervalo de Supervisão
	V_Erro_Det2_Ent_Supv	V10.4	Erro no Detector 2 na entrada no intervalo de Supervisão
	V_Erro_Det2_IN_Supv_0	V10.5	Erro no Detector 2 dentro do intervalo de Supervisão (n=0 ultrapassado)
	V_Erro_Det2_IN_Supv_n	V10.6	Erro no Detector 2 dentro do intervalo de Supervisão (n=A ultrapassado)



Project1\_V1 / USER1

	Symbol	Address	Comment
	V_Erro_Det2_Saida_Supv	V10.7	Erro no Detector 2 na saída do Intervalo de Supervisão
	V_Erro_Det1_OUT_Supv_0	V11.0	Erro no Detect 1 fora do intervalo de Supervisão (n=0 ultrapassado)
	V_Erro_Det1_OUT_Supv_n	V11.1	Erro no Detect 1 fora do intervalo de Supervisão (n=A ultrapassado)
	V_Erro_Det2_OUT_Supv_0	V11.2	Erro no Detect 2 fora do intervalo de Supervisão (n=0 ultrapassado)
	V_Erro_Det2_OUT_Supv_n	V11.3	Erro no Detect 2 fora do intervalo de Supervisão (n=A ultrapassado)
	V_Err_Falta_Perfil_Pin1	V11.4	Erro de falta de perfil na pinça 1 da Bihler
	V_Err_Falta_Perfil_Pin2	V11.5	Erro de falta de perfil na pinça 2 da Bihler
	V_Err_Falta_Latao	V11.6	Erro de falta de fita de latao
		V504.0	
	Estado_Detect1_na_Supv	V504.1	Estado do detector 1 dentro do Intervalo de supervisão
		V604.0	
	Estado_Detect2_na_Supv	V604.1	Estado do detector 2 dentro do Intervalo de supervisão
		VD100	Angulo Limite inferior para intervalo de detecção de falha
		VD104	Angulo Limite Superior para intervalo de detecção de falha
	V_Angulo_Posicao_Actual	VD108	Valor angular da posição actual
	V_Tip_Comp_OUT_Sup_Det1	VW505	Detect 1. - Tipo de comparação a efectuar - pulsos fora da faixa de supervisão
	V_Angulo_Inf_Det_1_Err	VD507	Angulo Limite inferior para intervalo de detecção de falha - DETECTOR 1
	V_Angulo_Sup_Det_1_Err	VD515	Angulo Limite Superior para intervalo de detecção de falha - DETECTOR 1
	V_Tip_Comp_OUT_Sup_Det2	VW605	Detect 2. - Tipo de comparação a efectuar - pulsos fora da faixa de supervisão
	V_Angulo_Inf_Det_2_Err	VD607	Angulo Limite inferior para intervalo de detecção de falha - DETECTOR 2
	V_Angulo_Sup_Det_2_Err	VD615	Angulo Limite Superior para intervalo de detecção de falha - DETECTOR 2
	N_Pulsos_Detct1_fora_su	VD700	Pulsos do detector 1 fora do intervalo de supervisão (Modo detecção Estática)
	N_Pulsos_Detct2_fora_su	VD704	Pulsos do detector 2 fora do intervalo de supervisão (Modo detecção Estática)

TIMER's

Project1\_v1 / USER1



Symbol

Address

Comment

**COUNTER's**

Contador\_Angular

HC0

Contador Rápido do Ângulo actual (Encoder de 360 ppr)

## Anexo II - Datasheet do Encoder utilizado

# ROTAPULS

Incremental encoders

Series

I58 • I58S

- Standard encoder for general industrial application
- Pulse rates up to 10000 PPR (real)
- Servo or clamp flange mounting
- High operating temperature range (optional)
- Line Driver, HTL and sine/cosine output circuits



I58 • I58S

## ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS

Shock:	100 g, 6 ms
Vibrations:	10 g, 5-2000 Hz
Protection:	IP64
Operating temperature range:	-25°C +85°C (-13°F +185°F)
Storage temperature range:	-25°C +85°C (-13°F +185°F) (98% R.H. without condensation)
Options:	• Operating temperature range: -40°C +100°C (-40°F +212°F) • IP65 Protection

## MECHANICAL SPECIFICATIONS

Dimensions:	see drawing
Shaft diameter:	Ø 6, 8, 9.52, 10, 12 mm
Shaft loading (axial, radial):	100 N max.
Shaft rotational speed:	typ. 6000 rpm / 12000 temporary
Starting torque at 20°C:	I58: 0,15 Ncm / I58S: 0,4 Ncm (typical)
Bearings life:	400 x 10 <sup>6</sup> rev. min. (10 <sup>6</sup> rev. min. with 20 N shaft loading max.)
Electrical connections:	M12, M23 plug or cable output 1 m (3.3 ft)
Weight:	~ 200 g (7 oz)
Options:	• additional cable • DSub 9 pin inline plug

## ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Resolution (PPR): (output circuit N, P, Y, L, H)	2-4-5-8-10-12-15-16-20-24-25-30-35-36-40-50-60-64-70-80-90 100-120-127-142-150-160-180-200-216-230-236-240-250-254 256-267-270-300-314-360-375-400-410-435-471-500-512-600 635-720-750-800-900-1000-1024-1068-1200-1250-1270-1400 1440-1500-1800-2000-2048-2250-2400-2500-3000-3600-4000 4096-5000-6000-8192-9000-10000
Resolution (PPR): (output circuit V)	500-512-1000-1024-1250-2000-2048-2500
Counting frequency:	100 kHz max.
Output circuits:	NPN, PNP, Push-Pull, Line Driver, Universal circuit, Sine/cosine
Power supply:	+5V ±5%, +10V +30V, +5V +30V (sine/cosine only +5V ±5%)
Consumption:	70 mA (typical)
Output current (each channel):	40 mA max.
Protection:	against inversion of polarity and short-circuit (except L and V circuit)
EMC:	electro-magnetic immunity according to: EN 61000-4-2 EN 61000-4-4
Optoelectronic life:	100 000 hrs min.
Option:	• Counting frequency up to 300 kHz • Line Driver 24/5V

## MATERIALS

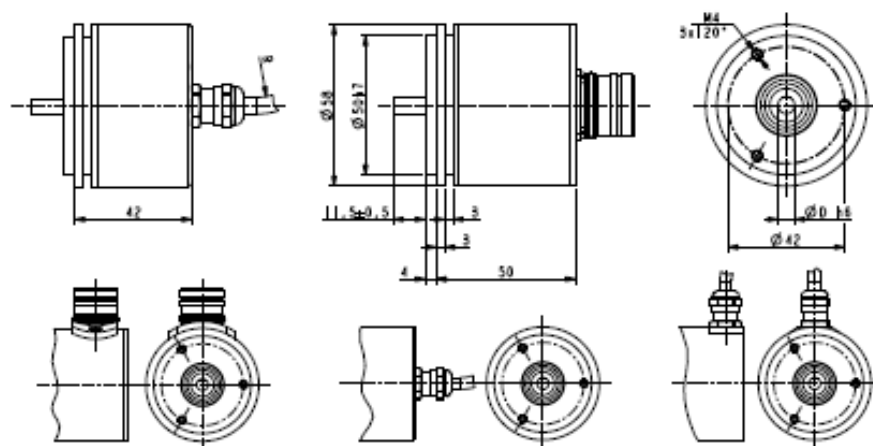
Flange:	anodized, UNI EN AW-6062
Housing:	anodized, UNI EN AW-6062
Bearings:	ABEC 5
Shaft:	stainless steel, non-magnetic - UNI EN 4305
Light source:	GaAl diodes

## PREFERENTIAL MODELS

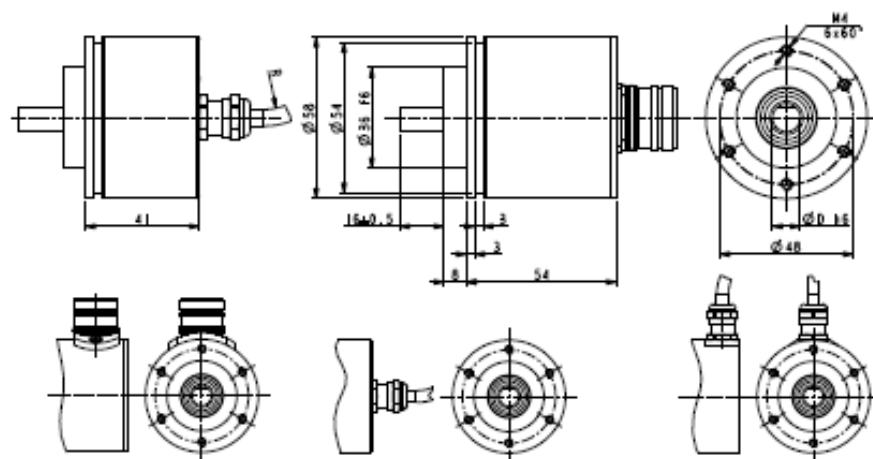
I58-H-500ZCU46RL2	I58-H-500ZCZ46R
I58-H-1000ZCU46RL2	I58-H-1000ZCZ46R
I58-H-1024ZCU46RL2	I58-H-1024ZCZ46R
I58-H-2048ZCU46RL2	I58-H-2048ZCZ46R
I58-H-2500ZCU46RL2	I58-H-2500ZCZ46R
I58-H-500ZCZ46	I58S-H-500ZCZ410R
I58-H-1000ZCZ46	I58S-H-1000ZCZ410R
I58-H-1024ZCZ46	I58S-H-1024ZCZ410R
I58-H-2048ZCZ46	I58S-H-2048ZCZ410R
I58-H-2500ZCZ46	I58S-H-2500ZCZ410R

## ACCESSORIES

EPFL 121:	12 pin M23 mating connector
EC-C12F-LK-18-x:	cordsetx meter, M23 connector
EDE 95:	9 pin DSub mating connector
PAN/PGE:	flexible couplings
LKM-386:	fixing clamps



I58



I58S

Order code

I58	-	X	-	XXXXX	XXX	X	XX	X	X	X	X	XX	/Sxxxx
I58S		(a)		(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)

## ④ OUTPUT CIRCUITS

N = NPN o.c.  
P = PNP o.c.  
Y = Push Pull  
L = Line Driver (RS422)  
H = PR/LD universal circuit  
V = 1 Vpp sine/cosine

## ⑤ RESOLUTION (PPR)

See electrical specifications

## ⑥ OUTPUT SIGNALS / CONNECTIONS

BNF = AB, cable output (except V output)  
ZNF = ABQ, cable output (except V output)  
BCU = AB/ABQ, cable output  
ZCU = ABQ/ABQ, cable output  
BCZ = AB/AB, M23 12 pin plug  
ZCZ = ABQ/ABQ, M23 12 pin plug  
ZCM = ABQ/ABQ, M12 8 pin plug

## ⑦ SUPPLY VOLTAGE

1 =  $\pm 5V \pm 5\%$  (I, V output circuit)  
2 =  $\pm 10V \pm 30V$  (N, R, Y output circuit)  
4 =  $\pm 5V \pm 30V$  (H output circuit)

## ⑧ SHAFT DIAMETER

6 = 6 mm  
8 = 8 mm  
P9 = 9.52 mm - 3/8"  
10 = 10 mm  
12 = 12 mm

## ⑨ CONNECTION POSITION

- = axial  
R = radial

## ⑩ PROTECTION

- = IP64 (standard)  
P = IP65

## ⑪ COUNTING FREQUENCY

- = 100 kHz (standard)  
W = 300 kHz

## ⑫ OPERATING TEMPERATURE

- =  $-25^{\circ}\text{C} + 85^{\circ}\text{C}$  ( $-13^{\circ}\text{F} + 185^{\circ}\text{F}$ ) standard  
K =  $-40^{\circ}\text{C} + 100^{\circ}\text{C}$  ( $-40^{\circ}\text{F} + 212^{\circ}\text{F}$ )

## ⑬ CABLE LENGTH

- = cable output 1 m (standard)  
L2 = cable output 2 m  
Lx = cable output x m  
CLx = x m cable with DSub 9 pin inline plug

## ⑭ CUSTOM VERSION

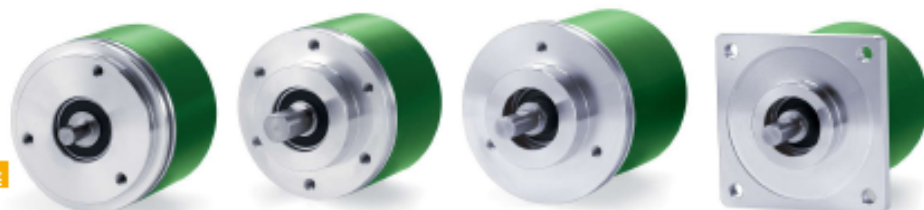
# ROTAPULS

Incremental encoders

# lika

Series

I58 • I58S • I58SK • MI58 • MI58S • I65 • IT65

More info at [www.lika.biz](http://www.lika.biz)

Warning: encoders having ordering code ending with "Flex" may have mechanical and electrical characteristics different from standard and be supplied with additional documentation for special connections (Technical info).  
 Attenzione: gli encoder con codice di ordinazione finale "Flex" possono avere caratteristiche meccaniche ed elettriche diverse dallo standard ed essere provvisti di documentazione aggiuntiva per cablaggi speciali (Technical info).  
 Achtung: Geräte, deren Bestellbezeichnung mit der Kennung "Flex" endet, können in ihren mech. und elektr. Eigenschaften vom Standard abweichen. Diese werden daher mit einer ergänzenden Dokumentation ausgeliefert (Technical info).  
 Atención: los encoders con código de pedido acabado en "Flex" pueden tener características mecánicas y eléctricas diferentes a las básicas y documentación adicional relativa a conexiones especiales (Technical info).  
 Attention: les encodeurs avec code de ordre terminant en "Flex" peuvent avoir des caractéristiques mécaniques et électriques différentes du standard et documentation additionnelle pour les câblages spéciaux (Technical info).

**EN Mounting instructions**

- Mount the flexible coupling 1 on the encoder shaft;
- fix the encoder either to the flange 2 or to the mounting bell by means of the screws 3;
- mount the flexible coupling 1 on the motor shaft, then secure either the flange 2 to the support or the mounting bell to the motor;
- make sure the misalignment tolerances of the flexible coupling 1 are respected.

**IT Istruzioni di montaggio**

- Fixare il giunto elastico 1 all'encoder;
- fissare l'encoder alla flangia 2 o alla cerniera utilizzando le viti 3;
- fissare il giunto elastico 1 al motore, poi fissare la flangia 2 al supporto o la cerniera al motore;
- assicurarsi che le tolleranze di disallineamento ammesse dal giunto elastico 1 siano rispettate.

**DE Montagehinweise**

- Die Kupplung 1 auf den Geber montieren;
- Geber mit dem Flansch 2 bzw. der Montageglocke mittels Schrauben 3 verschrauben;
- die Kupplung 1 auf die Motorwelle montieren und den Flansch 2 auf seinen Auflage bzw. die Montageglocke am Motor fixieren;
- es muss sichergestellt sein, dass die zulässigen Toleranzen der Kupplung 1 eingehalten werden.

**ES Instrucciones de montaje**

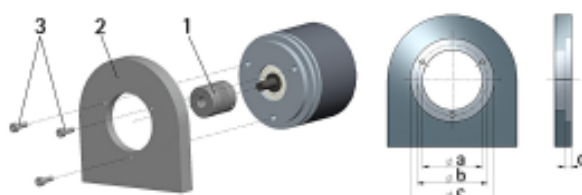
- Montar el acoplamiento elástico 1 en el eje del encoder;
- fijar el encoder a la brida 2 (o a la cernera) mediante los tornillos 3;
- montar el acoplamiento elástico 1 en el eje del motor, después fijar la brida 2 al soporte (o la cernera al motor);
- asegurarse de que se respeten las tolerancias de desalineación permitidas por el acoplamiento elástico 1.

**FR Instructions de montage**

- Monter le joint élastique 1 sur l'arbre du codeur;
- fixer le codeur à la brida 2 (ou à la cloche de montage) au moyen des vis 3;
- monter le joint élastique 1 sur l'arbre du moteur, puis fixer la brida 2 au support (ou la cloche de montage au moteur);
- assurer que les tolérances de mauvais alignement admises par le joint élastique 1 soient respectées.

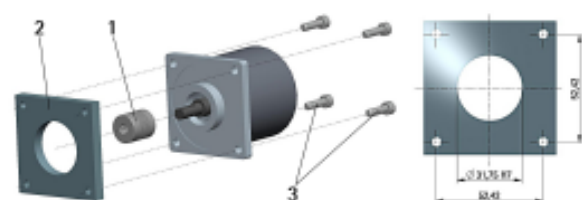


I58, I58S, I58SK, I65, MI58, MI58S

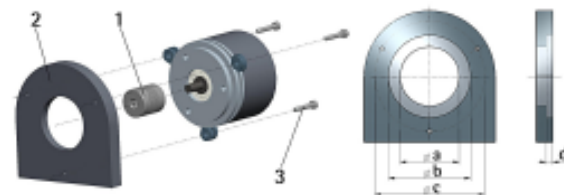


	a [mm]	b [mm]	c [mm]	d [mm]
I58, MI58	-	42	50 F7	4
I58S, I58SK, MI58S	36 H7	48	-	-
I65	36 H7	48	-	-

IT65 [mm]

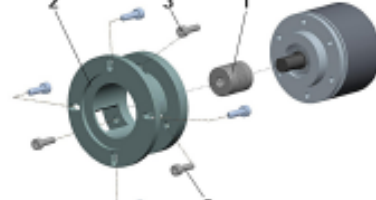


I58, I58S, I58SK, I65, MI58, MI58S with fixing clamps (code LKM-386)



	a [mm]	b [mm]	c [mm]	d [mm]
I58, MI58	-	50 F7	67	4
I58S, I58SK, MI58S	36 H7	-	67	-
I65	36 H7	-	74	-

I58S, I58SK, I65 with mounting bell (code PF4256)



Electrical connections										
Signal	A	MA	B	MB	0	VB	+VDC	0VDC	Shield	
ABO outputs (5-wire 15 type cable)	Brown Marrone Braun Marrón	-	Blue Blu Blaü Azul	-	White Bianco Weiß Blanco	-	Red Rosso Rot Rojo	Black Nero Schwarz Negro	Shield Schirm Mantle Blindaje	
MIL 7-pin	A	-	C	-	E	-	G	F	Case	
MIL 10-pin	A	B	C	D	E	F	J	I	Case	
M12 8-pin	1	4	5	6	7	8	2	3	Case	
M23 12-pin	1	2	3	4	5	6	7	8	Case	
ABO, ABO outputs (6-wire 10 type cable)	Yellow Giallo Gelb Amarillo	Blue Blu Blaü Azul	Green Verde Grün Verde	Orange Arancione Orange Anaranjado	White Bianco Weiß Blanco	Grey Grigio Grau Gris	Red Rosso Rot Rojo	Black Nero Schwarz Negro	Shield Schirm Mantle Blindaje	



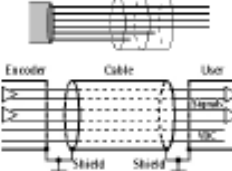
 Installation has to be carried out with power supply disconnected.  
 L'installazione deve essere eseguita in assenza di tensione.  
 Der Anschluss darf nur bei ausgeschalteter Versorgungsspannung erfolgen.  
 La instalación sólo debe ser efectuada en ausencia total de tensión.  
 Le montage du dispositif doit être effectué en absence totale de tension.

Connector type

male frontal side  
maschio lato contatti  
Auflicht Stiftbohrer  
macho lado contactos  
milité côté contacts



Wires not used must be cut at different lengths and insulated separately.





IT	Avvertenze
<p>• Evitare l'installazione e l'uso del dispositivo senza le norme di prevenzione e sicurezza sul lavoro previste nel proprio paese.</p> <p>• Evitare che esso venga utilizzato da persone non qualificate, in assenza di istruzioni e parti meccaniche in movimento, e verificare il dispositivo regolarmente per le lesioni per cui è stato costruito, che sono state progettate per ridurre al minimo i rischi.</p> <p>• Evitare contatti, lesioni e parti meccaniche in movimento possono causare lesioni molto gravi.</p> <p>• Evitare utilizzare gli attenti e i guanti conduttori.</p> <p>• Il mancato rispetto delle norme di sicurezza e delle avvertenze specificate in questo manuale è considerato una violazione delle norme di sicurezza contro i rischi di caduta e di lesioni e costituisce il motivo per cui lo strumento è difettoso.</p> <p>• Una lesione non si può evitare senza responsabilità per averla causata o averla derivata dall'uso scorretto delle norme di sicurezza e delle avvertenze.</p>	
	Avvertenze elettriche
<p>• Effettuare le operazioni elettriche esclusivamente in assenza di tensione.</p> <p>• Evitare le operazioni elettriche con la rete "Elettrici conduttori".</p> <p>• Evitare le regole di sicurezza e i rischi elettrici dovuti a una scarsa conoscenza.</p> <p>• È vietato l'uso del prodotto da parte di persone non qualificate per quanto riguarda le seguenti precauzioni:</p> <p>• prima di collegare o scollegare il dispositivo, eliminare la presenza di carica elettrica dal proprio corpo e dagli strumenti.</p> <p>• prima di un contatto con il dispositivo,</p> <p>• prima di il dispositivo con lesioni cutanee e gravi di disturbi, se necessario, evitare appoggiarsi alla parte elettrica dell'installazione.</p> <p>• Utilizzare sempre una protezione e possibilmente "Isolanti".</p> <p>• Non usare mai, per nulla, conduttori.</p> <p>• Evitare di far passare i cavi dei cavi del dispositivo vicino a zone di pericolo.</p> <p>• Evitare di collegare i cavi, le linee possibili e i cavi di forza di linea elettrica a strumenti in maniera efficace.</p> <p>• per garantire un funzionamento corretto del dispositivo, evitare l'uso di apparecchiature con forte campo magnetico e proximity di campi magnetici.</p> <p>• Evitare la caduta di ogni tipo di caduta del conduttore e il cospicuo del dispositivo a un buon punto di linea, assicurarsi che il punto di linea sia privo di disturbi. Il collegamento a terra può essere effettuato sul lato dispositivo e/o sul lato collettore, sempre rispettando la soluzione migliore da adottare per minimizzare i disturbi.</p>	
	Avvertenze meccaniche
<p>• Montare il dispositivo rispettando rigorosamente le istruzioni riportate nella sezione "Istruzioni di montaggio".</p> <p>• Effettuare il montaggio meccanico esclusivamente in assenza di parti meccaniche in movimento.</p> <p>• Evitare disassemblare il dispositivo.</p> <p>• Evitare ingiungere l'uso di strumenti non autorizzati.</p> <p>• Evitare l'uso di strumenti non autorizzati: i seguenti sono vietati, evitare l'uso di altri strumenti o di attrezzi che al cospicuo del dispositivo, che può causare lesioni e danni al prodotto.</p>	

[illegible]

Ordering code (just by way of example)								
ISB	L	500	Z	C	U	1	B	X000X
IS8SK	H	4008	Z	C	Z	4	S	X000X
IS6	Y	2000	B	N	F	2	S	X000X
R/N os.	N							Additional code Start character (first)
PMP os.	P							
Part-Full	Y							
Line Driver	L							
FRD								
Wps	W							
False rate (FFI)								
		AB output cycle	B	Z				
		A00 output cycle						
		A00 outputs			N			
		A00 A00 outputs			C			
					J	1 m (1.3 ft) 0-wire cable		
					I	1 m (1.3 ft) 0-wire cable		
					D	MB; 7-pin		
					M	MB; 10-pin		
					M	MB; 12-pin		
					M	MB; 12-pin		

Refer to the technical catalogues for the exact available combinations

**CAUTION** This device is to be supplied by a Class 2 Circuit or Low-Voltage Limited Energy or Energy Source not exceeding 30 VDC. Refer to the ordering code for supply voltage code.

